COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-VINGT-HUITIÈME.

JANVIER — JUIN 1949.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1949

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1949

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

MM.
HADAMARD (*Jacques*-Salomon), G. O. ✻.
BOREL (Félix-Edouard-Justin-*Émile*), G. O. ✻, ✠, ✠.
CARTAN (*Élie*-Joseph), C. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻, ✠.
MONTEL (*Paul*-Antoine), C. ✻.
DENJOY (*Arnaud*), O. ✻.

SECTION II. — *Mécanique.*

DRACH (*Jules*), O. ✻,
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻, ✠.
PÉRÈS (*Joseph*-Jean-Camille), O. ✻.
VESSIOT (*Ernest*-Paulin-Joseph), C. ✻.
BEGHIN (*Henri*), O. ✻.

SECTION III. — *Astronomie.*

ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), C. ✻.
MAURAIN (*Charles*), C. ✻
FAYET (*Gaston*-Jules), ✻.
CHAZY (*Jean*-François), O. ✻, ✠.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand), ✻.
DANJON (*André*-Louis), O. ✻, ✠.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✻, ✠.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✻, ✠, ✠.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✻.
MARTONNE (*Emmanuel*-Louis-Eugène DE), O. ✻.
COT (*Donatien*), C. ✻.
POIVILLIERS (*Georges*-Jean), O. ✻, ✠.

Section V. — *Physique générale.*

MM.
Cotton (*Aimé*-Auguste), c. ✻.
Joliot (*Frédéric*), c. ✻.
Becquerel (*Jean*-Antoine-Edmond-Marie), c. ✻.
Cabannes (*Jean*), o. ✻, ♆.
Ribaud (*Gustave*-Marcel), o. ✻, ♆.
. . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Bertrand (*Gabriel*-Émile), c. ✻.
Delépine (Stéphane-*Marcel*), o. ✻.
Lebeau (*Paul*-Marie-Alfred), c. ✻.
Jolibois (Médard-*Pierre*), o. ✻, ♆.
Pascal (*Paul*-Victor-Henri), o. ✻.
Dufraisse (*Charles*-Robert), o. ✻.

Section VII. — *Minéralogie.*

Jacob (*Charles*-François-Étienne), o. ✻, ♆.
Mauguin (*Charles*-Victor), o. ✻.
Grandjean (*François*-Alfred), o. ✻.
Margerie (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin Jacquin de), o. ✻.
Michel-Lévy (*Albert*-Victor), o. ✻, ♆.
Fallot (*Paul*), ✻.

Section VIII. — *Botanique.*

Blaringhem (*Louis*-Florimond), o. ✻.
Chevalier (*Auguste*-Jean-Baptiste), c. ✻.
Souèges (Étienne-Charles-*René*), ✻.
Magrou (*Joseph*-Émile), o. ✻.
Heim (*Roger*-Jean), ✻, ♆.
Combes (*Raoul*-Pierre-Émile), o. ✻.

Section IX. — *Économie rurale.*

Leclainche (Auguste-Louis-*Emmanuel*), g. o. ✻.
Lapicque (*Louis*-Édouard), c. ✻, ♆.
Fosse (*Richard*-Jules), ✻.
Schribaux (Pierre-*Émile*-Laurent), c. ✻.

MM.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), C. ✻, ✠.
DEMOLON (*Albert*-Omer), O. ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✻.
PÉREZ (*Charles*), O. ✻.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), O. ✻.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✻.
FAGE (Baptiste-*Louis*), ✻.
GRASSÉ (*Pierre*-Paul), ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✻.
PORTIER (*Paul*), O. ✻.
BINET (*Léon*-René), G. O. ✻, ✠.
LAUBRY (*Charles*), C. ✻.
HARTMANN (*Henri*-Albert-Charles-Antoine), G. O. ✻.
LERICHE (*René*), O. ✻, ✠.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), C. ✻, pour les Sciences mathématiques.
COURRIER (Marie-Jules-Constant-*Robert*), ✻, ✠, pour les Sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), C. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), O. ✻, ✠.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
PÉRARD (*Albert*-Gustave-Léon), O. ✻, ✠.
RAMON (*Gaston*-Léon), C. ✻.
HACKSPILL (*Louis*-Jean-Henri), O. ✻, ✠.
TRÉFOUËL (*Jacques*-Gustave-Marie), O. ✻.
....

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

MM.
CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), C. ✻, à Nancy.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, au Cap Dorat, par Lavaur (Tarn).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, à Alger.
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Vendresse (Ardennes).
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), O. ✻, à Alger.
HAAG (*Jules*), O. ✻, à Besançon.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), O. ✻, à Grenoble.
LEJAY (*Pierre*), ✻, ✠, à Zi-Ka-Wei (Chine).
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), O. ✻, à Bordeaux.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Genève (Suisse).
PORTEVIN (*Albert*-Marcel-Germain-René), C. ✻, à Paris.
CHEVENARD (*Pierre*-Antoine-Jean-Sylvestre), O. ✻, à Paris.
BARTHÉLEMY (*René*), O. ✻, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
DARRIEUS (*Georges*-Jean-Marie-Eugène), O. ✻, ✠, à Houilles (Seine-et-Oise).
....

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

MM.
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), C. ✻, à Uccle-Bruxelles.
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, à Lausanne (Suisse).
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✻, à Copenhague.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Cambridge (Angleterre).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Woodstock Oxon (Angleterre).
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Northampton (Massachusetts).
....

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie* (10 + 1).

DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago (Illinois).
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. *, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Moscou.
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
DULAC (*Henri*-Claudius-Rosario), *, à Lyon.
VINOGRADOV (*Ivan* Matveevich), à Moscou (U. R. S. S.).
CARLEMAN (Tage Gillis *Torsten*), O. *, à Djursholm (Suède).
WEYL (*Hermann*), à Princeton (New Jersey).
POLYA (*George*), à Palo Alto (Californie).
SIERPINSKI (*Waclaw*), O. *, à Varsovie.
RIESZ (*Frédéric*), à Budapest.

Section II. — *Mécanique* (10).

ROY (*Louis*-Maurice), *, à Toulouse.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), O. *, à Marseille.
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), C. *, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), *, à Paris.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), *, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).
LERAY (*Jean*), à Sceaux (Seine).
KÁRMÁN (*Théodore* DE), à Pasadena (Californie).
TAYLOR (Sir *Geoffrey Ingram*), à Cambridge (Angleterre).

Section III. — *Astronomie* (10).

BOSLER (*Jean*), *, à Marseille.
BERGSTRAND (*Carl Östen* Emanuel), à Uppsala.

MM.

HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).
JONES (Sir Harold *Spencer*), à Greenwich (Angleterre).
SHAPLEY (*Harlow*), à Cambridge (Massachusetts).
DELPORTE (*Eugène*-Joseph), à Uccle-Bruxelles.
STØRMER (Fredrik *Carl* Mülertz), à Vestre Aker (Norvège).
STRATTON (*Frederick* John Marrian), ✻, à Cambridge (Angleterre).
DAUVILLIER (*Alexandre*-Henri-Georges), à Bagnères (Hautes-Pyrénées).

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, ✠, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
MARGUET (*Frédéric*-Philippe), C. ✻, à Villeneuxe-Loubet (Alpes-Maritimes).
ROUCH (*Jules*-Alfred-Pierre), ✻, ✠, à Monaco.
MONOD (*André*-Théodore), à Dakar.
HAVELOCK (*Thomas Henry*), à Newcastle on Tyne (Angleterre).
LAMBERT (*Walter Davis*), à Canaan (Connecticut).
....

Section V. — *Physique générale* (10).

MILLIKAN (*Robert Andrews*), ✻, à Pasadena (Californie).
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford (Angleterre).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.
REBOUL (*Georges*-Scipion-Antoine), ✻, ✠, à Montpellier.
FORTRAT (*René*-Lucien), ✻, à Grenoble.
HENRIOT (*Émile*-Jean-Charles), ✻, ✠, à Boitsfort (Belgique).
BLACKETT (*Patrick* Maynard Stuart), à Manchester (Angleterre).
KRAMERS (*Hendrik Antony*), O. ✻, à Oegstgeest (Pays-Bas).
MALLEMANN (*René*-Jean-Gérard-Henri DE), à Nancy.
....

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10 + 1).

WALDEN (*Paul*), à Gammertingen (Allemagne).
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
DENIGÈS (*Georges*-Noël-Fort), O. ✻, à Bordeaux.

MM.
LOCQUIN (Émile-*René*), ✱, à Lyon.
COURTOT (*Charles*-Hippolyte), ❋, à Nancy.
ROBINSON (Sir *Robert*), à Oxford (Angleterre).
KARRER (*Paul*), à Zurich.
BRINER (*Émile*), à Genève.
EULER-CHELPIN (*Hans* Karl August Simon VON), à Stockholm.
DESCH (*Cécil Henry*), à Londres.
CORNUBERT (*Raymond*-Alexandre-Louis), ❋, à Nancy.

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), O. ✱, à Mathieu (Calvados).
FOURMARIER (*Paul*-Frédéric-Joseph), ✱, à Cointe-Sclessin-lez-Liége (Belgique).
BRAGG (Sir *William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).
NIGGLI (*Paul*), à Zurich (Suisse).
DALY (*Reginald Aldworth*), à Cambridge (Massachusetts).
TEILHARD DE CHARDIN (Marie-Joseph-*Pierre*), O, ❋, ✠, ✠, à Paris.
DELÉPINE (*Gaston*-Georges), à Lille.
PRUVOST (*Pierre*-Eugène-Marie-Joseph), ❋, à Lille.
PAULING (*Linus*), à Pasadena (Californie).
BESAIRIE (*Henri*), à Tananarive (Madagascar).

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

PERRIER DE LA BÂTHIE (*Joseph*-Henri-Alfred-Marie), ✱, à Saint-Pierre d'Albigny (Savoie).
TEODORESCO (*Emmanuel* Constantin), à Bucarest.
NICOLAS (Léon-Marie-Joseph-*Gustave*), ✱, à Toulouse.
MERRILL (*Elmer Drew*), à Jamaica Plain (Massachusetts).
BOULY DE LESDAIN (*Maurice*-Léopold-Joseph), à Lille.
BECQUEREL (*Paul*), ✱, à Neuilly (Seine).
LITARDIÈRE (*René*-Jean-Alexandre VERRIET DE), à Grenoble.
GÄUMANN (*Ernst*), à Zurich.
DANGEARD (*Pierre*-Jean-Louis), ✱, ✠, à Bordeaux.
EMBERGER (*Louis*-Marie), ✱, à Montpellier.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), à Bruxelles.
TSCHERMAK-SEYSENEGG (*Erich* VON), à Vienne (Autriche).

MM.

WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New Jersey).
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), O. ✻, à Paris.
GORINI (*Costantino*), à Milan.
HITIER (*Henri*-Joseph-Robert), C. ✻, à Revelles (Somme).
WALLACE (*Thomas*), à Bristol (Angleterre).
BROCQ-ROUSSEU (*Denis*), C. ✻, à Avon (Seine-et-Marne).
BOIVIN (*André*-Félix), ✻, à Strasbourg.
....

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.
PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, à Alger.
ANCEL (*Paul*-Albert), ✻, à Paris.
BEAUCHAMP (Charles-Alfred-*Paul* MARAIS DE), ✻, à Paris.
POLICARD (*Albert*), O. ✻, ✠, à Lyon.
HARRISON (*Ross Granville*), à New Haven (Connecticut).
KEILIN (*David*), à Cambridge (Angleterre).
MORTENSEN (*Theodor* Ole Jensen), à Copenhague.
HUXLEY (*Julian* Sorell), à Londres.
....

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, à Stockholm.
JEANBRAU (*Émile*-Alexis), C. ✻, à Montpellier.
REMLINGER (*Paul*-Ambroise), C. ✻, à Tanger (Maroc).
FLEMING (Sir *Alexander*), C. ✻, à Londres.
BÉRARD (*Léon*-Eugène), C. ✻, à Lyon.
GALLAVARDIN (*Louis*-Bénédict), ✻, à Lyon.
ADRIAN (*Edgar Douglas*), ✻, à Cambridge (Angleterre).
....
....



COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JANVIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT PUIS DE M. CHARLES JACOB.

M. HENRI VILLAT, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des Recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1948.

État de l'impression des Recueils de l'Académie au 1er janvier 1949.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les fascicules de l'année 1948 ont paru chaque semaine régulièrement.

Les Tables des tomes 220 (1er semestre de l'année 1945) et 221 (2e semestre de l'année 1945) sont parues et ces volumes ont été mis en distribution. Les Tables des tomes 222 à 227 sont en préparation.

Le volume des Tables générales pour la période 1895-1910, *Matières,* est en préparation.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 67 est en préparation.

Notices et discours. — Le tome 2 est en préparation.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de Tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1949 a paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences. — Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1948.

Section d'Astronomie. — M. **Henri Deslandres**, le 15 janvier, à Paris.

Section de Physique générale. — M. **Marcel Brillouin**, le 16 juin, à Paris.

Secrétaires perpétuels. — M. **Alfred Lacroix**, le 16 mars, à Paris.

Section des Académiciens libres. — M. **Gustave Roussy**, le 30 septembre, à Paris.

Section des Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Louis Lumière**, le 6 juin, à Bandol, Var.

Membres élus depuis le 1er janvier 1948.

Section d'Astronomie. — M. **André Danjon**, le 14 juin, en remplacement de M. **Henri Deslandres**, décédé.

Section de Chimie. — M. **Charles Dufraisse**, le 19 janvier, en remplacement de M. **Robert Lespieau**, décédé.

Section de Minéralogie. — M. **Paul Fallot**, le 12 janvier, en remplacement de M. **Léon Bertrand**, décédé.

Section de Botanique. — M. **Raoul Combes**, le 31 mai, en remplacement de M. **Pierre-Augustin Dangeard**, décédé.

Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Pierre-Paul Grassé**, le 29 novembre, en remplacement de M. **Robert Courrier**, élu Secrétaire perpétuel.

Secrétaires perpétuels. — M. **Robert Courrier**, le 10 mai, en remplacement de M. **Alfred Lacroix**, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Physique générale. — M. **Marcel Brillouin**, mort à Paris, le 16 juin 1948.

Section des Académiciens libres. — M. **Gustave Roussy**, mort à Paris, le 30 septembre 1948.

Section des Applications de la Science à l'Industrie. — M. **Louis Lumière**, mort à Bandol, Var, le 6 juin 1948.

Associés étrangers. — M. **Godfrey Harold Hardy**, mort à Cambridge, Angleterre, le 1er décembre 1947.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1948.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Jacques Cochon de Lapparent**, le 18 mai, à Paris;

M. **Maurice Leriche**, le 15 septembre, à Monchy-Lagache, Somme.

Pour la Section de Botanique. — M. **Ernest Pinoy**, le 30 octobre, à Paris.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Dimitri Prianichnikov**, le 30 avril, à Moscou.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Louis Léger**, dans la nuit du 6 au 7 juillet, à Grenoble;

M. **Johan Hjort**, le 7 octobre, à Oslo.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1948.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Waclaw Sierpinski**, le 28 juin, à Varsovie, en remplacement de M. **Godfrey Harold Hardy**, élu associé étranger;

M. **Frederic Riesz**, le 28 juin, à Budapest.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Linus Pauling**, le 20 décembre, à Pasadena, en remplacement de M. **Jacques Cochon de Lapparent**, décédé;

M. **Henri Besairie**, le 20 décembre, à Tananarive, en remplacement de M. **Maurice Leriche**, décédé.

Pour la Section de Botanique. — M. **Ernst Gäumann**, le 22 novembre, à Zurich, en remplacement de M. **Albert Francis Blakeslee**, élu Associé étranger;

M. **Pierre Dangeard**, le 8 décembre, à Bordeaux, en remplacement de M. **Emile De Wildeman**, décédé;

M. **Louis Emberger**, le 8 décembre, à Montpellier, en remplacement de M. **Ernest Pinoy**, décédé.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **André Boivin**, le 26 janvier, à Strasbourg, en remplacement de M. **Henri Vallée**, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Theodor Mortensen**, le 26 janvier, à Copenhague, en remplacement de M. **Edouard Chatton**, décédé.

M. **Julian Huxley**, le 14 juin, à Londres.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Pierre de Vanssay de Blavous**, mort à Autun, Saône-et-Loire, le 19 août 1947.

Pour la Section de Physique générale. — M. **Wander Johannes de Haas**, élu Associé étranger le 3 mars 1947.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Dimitri Prianichnikov**, mort à Moscou, le 30 avril 1948.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Johan Hjort**, mort à Oslo, le 7 octobre 1948.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — Sir **Charles Sherrington**, élu Associé étranger le 9 avril 1945;

Sir **Almroth Wright**, mort à Farnham Common, Angleterre, le 30 avril 1947.

Pour les Sections qui pourront être désignées par l'Académie :

A. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **John Alexander Low Waddell**, mort à New York, le 3 mars 1938.

B. — Le Correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Lucien Daniel**, mort à Rennes, le 26 décembre 1940.

C. — Le Correspondant suivant pour la Section de Géométrie : M. **David Hilbert**, mort à Göttingen, le 14 février 1943.

D. — Le Correspondant suivant pour la Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Louis Léger**, mort à Grenoble, dans la nuit du 6 au 7 juillet 1948.

M. **Henri Villat**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Me voici arrivé au terme des fonctions dont votre amicale et imprudente confiance a bien voulu me charger pendant l'année écoulée. En quittant le fauteuil présidentiel, je tiens à vous remercier de votre bienveillante indulgence, qui m'a rendu faciles les devoirs qui m'incombaient ici. Je veux aussi et surtout remercier nos deux Secrétaires Perpétuels, dont la science et l'aménité n'ont pas cessé d'être pour moi une opportune sauvegarde. Et il m'est bien agréable de penser que je vais remettre mes pouvoirs entre les mains de mon cher collègue Charles Jacob, mon ami de jeunesse et de toujours, qui saura, d'une main solide, défendre les intérêts de notre Académie. Je salue aussi comme d'un heureux augure la présence de mon excellent confrère Gaston Julia, qui devient votre Vice-Président.

Je prie mon vieil ami Charles Jacob de bien vouloir prendre place au fauteuil présidentiel, où je me félicite vivement de le voir désormais.

En prenant la Présidence, M. **Charles Jacob** s'exprime en ces termes :

L'allocution de votre Président, lorsqu'il prend place pour une année à ce fauteuil, débute par des remercîments.

Il en est de particulièrement agréables à formuler; ce sont ceux qui, de votre part, s'adresseront à mon prédécesseur, Henri Villat. Tous nous avons apprécié avec quelle délicatesse pleine de tact, il a su manier la houlette présidentielle, et, puisque, au cours de nos séances ordinaires et de la séance annuelle, un hommage est adressé à la mémoire de ceux qui viennent de nous quitter, il a assuré cette mission avec une sensibilité et une psychologie très personnelles, en même temps que se manifestait un humaniste, averti des classiques anciens autant que de la pensée contemporaine. Que notre cher Henri Villat veuille bien accueillir le témoignage unanime de notre gratitude.

Un président chassant l'autre, j'ai à souhaiter la bienvenue dans votre bureau à celui qui me doublera, puis me remplacera. Héroïque grand blessé de 1914-18, Gaston Julia sera un président relativement jeune, les mathématiciens de valeur émergeant en général de meilleure heure que les naturalistes ou les physiciens. Dès cette année, peut-être sera-t-il mis à contribution, si mon métier ou d'autres obligations m'amènent parfois à m'absenter de Paris.

J'en viens à mes remercîments personnels. Certes, nous savons tous que l'accession à cette Présidence est tacitement réglée par l'ancienneté académique, alternativement dans l'une et l'autre de nos Divisions dites des Sciences mathématiques et des Sciences physiques. Je vous suis cependant très reconnaissant de cette sorte de confirmation à distance, qui pourrait nous reporter à mars 1931, où j'ai eu le grand honneur de succéder ici à Pierre Termier. En géologue invétéré, je vais même remonter plus loin dans le passé.

Vous venez d'appeler successivement à cette place Louis Blaringhem, Henri Villat et moi-même, trois normaliens d'une même promotion, celle de novembre 1899. Peut-être une telle petite série — de pure coïncidence — restera-t-elle assez rare dans vos annales? A l'origine, nous provenions tous trois de nos lycées provinciaux respectifs : Lille, Caen et Grenoble. Pour l'option normalienne, je ne sais ce qui a pu décider Blaringhem et Villat. Quant à moi, à l'époque, j'ignorais tout des Universités, sinon qu'elles délivraient le bachot, et si je me suis inscrit au concours de Normale, ce fut poussé par mon professeur de mathématiques spéciales. Or, de la fin de l'oral, 45, rue d'Ulm, j'ai conservé un souvenir lumineux. Par un certain samedi soir de juillet 1898, toutes fenêtres ouvertes sur les jardins de ladite École et des établissements voisins, les oiseaux chantant dans les arbres, j'étais interrogé par Jules Tannery. Il me retint une heure et demie, quitte à s'excuser en terminant, avec sa bonhomie coutumière, et à me poser cette question assez imprévue : « Entrerez-vous à l'École Normale? » J'y suis entré, et pendant trois années,

comme mes camarades, j'ai travaillé, guidé par plus de curiosité que de soucis scolaires, ce qui est peut-être une bonne introduction à la vie scientifique. Puis j'en suis sorti, je suis revenu en province, avec assez vite l'heureuse fortune de fréquenter des milieux divers et même de parcourir une partie du globe. Néanmoins, permettez-moi d'enraciner ma reconnaissance à l'École Normale et à Jules Tannery, sans qui je ne serais certainement pas à cette place aujourd'hui.

Vais-je maintenant, mes chers Confrères, vous entretenir de la Science, ou plus modestement de la vie de notre Académie? Nos Séances? Nos *lundis*, où nous avons tant de plaisir à nous retrouver, dans une atmosphère si sympathique, mais un peu bourdonnante de conversations particulières, qui peut surprendre — et surprend en effet — les non initiés, conversations portant cependant sur des questions de science, beaucoup plus qu'on ne pourrait le supposer. Nos récents haut-parleurs ne se sont pas encore adaptés à pallier à nos conciliabules, et voici que, depuis quelque deux années, nous sommes traversés, au cours de nos séances ordinaires et même de nos comités secrets, par la théorie charmante de nos Confrères des Sciences morales et politiques, sortis d'une salle voisine. La statue de Corneille, et surtout celle de Molière semblent regarder tout cela avec philosophie, de même que la sonnette présidentielle hésite, et continuera d'hésiter à s'agiter sans une réelle opportunité.

Vous parlerai-je de nos élections? Elles sont sérieuses, puisque tant en France qu'à l'étranger, vos suffrages conservent une très grande valeur. Et sans que des règlements aient eu besoin d'être modifiés, entrent ici des savants en pleine activité, bien propres à nous faire vivre la science contemporaine, notre aréopage ne se bornant pas à distribuer des palmes parfois un peu tardives.

A propos d'élections, vous ferais-je part d'un étonnement personnel qui se renouvelle depuis dix-huit ans et que d'autres partagent? Lorsque nos urnes circulent, elles stagnent devant la plupart d'entre nous, tandis qu'elles passent, en général indifférentes, devant nos Confrères des Sections des Membres libres et des Membres non résidants, et aussi de la Section des Applications de la Science à l'Industrie. Éclectiques, moins spécialisés que dans les Sections canoniques, n'est-ce point là une définition des Membres libres? Membres non résidants, ceux qui, demeurés en province, font grand honneur à la science française? Et, quant aux applications, l'apostrophe vigoureuse de Louis Pasteur de 1871 a-t-elle perdu son sens en 1949? « Non, mille fois non, il n'existe pas une catégorie de sciences auxquelles on puisse donner le nom de sciences appliquées. *Il y a la science et les applications des sciences*, liées entre elles comme le fruit à l'arbre qui l'a porté ». Dès lors, on peut peut-être se demander pourquoi nos Confrères des Sections précitées, « non moins méritants que les autres » suivant le langage d'Émile Picard dans son bel éloge de Jules Tannery, ne seraient point eux-aussi des électeurs complets?

Sur des sujets connexes, il y aurait aussi beaucoup à dire, par exemple en

considérant le rôle des Académies, depuis le jardin du légendaire Akadêmos, entré dans l'histoire puisqu'y discutaient, paraît-il, Platon et ses disciples, jusqu'aux Académies charpentées, avec laboratoires et même domiciles particuliers telle qu'était l'Académie russe des sciences dans son quartier au Nord de la Néva, caractère qu'elle a sans doute conservé depuis son transfert à Moscou.

Jetant un regard sur le temps présent, vous-mêmes, l'an dernier, n'avez-vous point discuté à propos des conditions scientifiques d'une renaissance économique du pays, à propos de l'intérêt de rattacher, lorsqu'elle sera stable, la monnaie au système métrique, à propos de notre haut enseignement agricole, etc. Aujourd'hui même, il y a, paraît-il, d'autres remarques analogues en route.

Dans nos Comités secrets, dans notre Jardin d'Akadêmos, nous reparlerons de questions de ce genre et d'un intérêt général, lorsque l'occasion s'en présentera et quand vous le désirerez.

En terminant, je vous rappelle que, comme tous les cinq ans, la Présidence de l'Institut de France revient pour 1949 à votre Bureau. Avec l'autorité et l'expérience de nos Secrétaires perpétuels, nous y ferons pour le mieux. Et je n'ai plus qu'à vous exprimer, à vous et aux vôtres, à notre Académie des Sciences et à l'Institut de France tout entier, des vœux quant à l'année que nous inaugurons aujourd'hui.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques semicarbazones optiquement actives.* Note de MM. **Marcel Delépine** et **Marius Badoche**.

Si des réactions peuvent être exécutées à partir de matériaux optiquement actifs, il en résulte des déductions qui seraient difficilement acquises avec les racémiques correspondants. L'un de nous, à cet égard, a donné deux exemples justifiant pleinement cette affirmation. C'est ainsi qu'à partir d'un même pinène, le *d*-pinène-α, il a été loisible, suivant les chemins parcourus, d'aboutir à chacun des antipodes de la méthoéthylheptanonolide (¹) ou de la carvone (²) et d'établir avec certitude diverses relations de structure entre le pinène originel et quelques dérivés, tel que le terpinéol, le limonène. Cela eût été impossible si l'on était parti d'un pinène inactif (mélange de droit et de gauche en quantités égales).

(¹) M. Delépine, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 980; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 35, 1924, p. 1655.

(²) M. Delépine, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 4, 1937, p. 1669.

Ces conditions, nous pouvons les mettre à profit pour le cas des semicarbazones actives, grâce à des observations polarimétriques adéquates. On a décrit quantité de semicarbazones de substances optiquement actives, mais on en a rarement mesuré le pouvoir rotatoire et encore moins ses changements possibles. Nous verrons qu'on y trouve des caractéristiques bien autrement significatives que les points de fusion auxquels on se borne généralement et qui sont par trop dépendants du mode opératoire. (Dans ce qui suit, il s'agira de points de fusion instantanés.) Nous rappelons que sans changement de structure une cétone non symétrique peut donner deux semicarbazones souvent dites *syn* et *anti* dans les chaînes ouvertes, termes s'appliquant mal aux dérivés cycliques plus que deux fois substitués. Pour le moment, on ne sait dire à l'avance si l'on obtiendra une ou deux semicarbazones. En outre, si une cétone a sa fonction CO voisine d'un carbone substitué, mais encore porteur d'hydrogène, et s'il y a un autre point d'asymétrie, il pourra exister une cétone stéréoisomère susceptible à son tour, mais pas nécessairement, d'engendrer également deux semicarbazones. Nous allons en donner des exemples.

Ce qui a pu détourner des mesures polarimétriques, c'est la faible solubilité à froid des semicarbazones dans les solvants neutres, eau, alcool, éther, benzène, etc., bien que l'on puisse souvent corriger cet inconvénient par l'emploi de mélanges de chloroforme et de méthanol. Nous avons trouvé dans l'acide acétique un solvant encore meilleur et, ce qui est particulièrement important, un solvant qui provoque parfois, à la température ordinaire, des mutations caractéristiques. L'un de nous avait déjà autrefois, à chaud il est vrai, montré que la semicarbazone de l'acide pinonique *cis* se transformait partiellement par l'acide acétique en semicarbazone de l'acide *trans* [3]. Cette observation a été le point de départ des nouvelles recherches.

Voici un premier exemple que nous venons de publier sur ce rôle de l'acide acétique et qui montre son utilité [4]. Il s'agit des pinocamphones dites *cis* et *trans*, auxquelles Schmidt a attribué les structures (I) et (II) (voir plus bas). Nous avions obtenu à partir du *d*-pinène-α, une certaine pinocamphone : il en est dérivé une semicarbazone brute qui a pu être scindée en deux : l'une F 265° (fus. instant.), $(\alpha)_D = +125°$, l'autre F 242°, $(\alpha)_D = +76°,8$, les pouvoirs rotatoires étant pris dans l'acide acétique. Une différence profonde existe entre les deux, sous le rapport de la stabilité dans ce milieu. La solution de la semicarbazone F 265° conserve son pouvoir rotatoire, tandis que la semicarbazone F 242°, après huit jours à la température ordinaire, voit le sien passer de $+76°,8$ à $+122°$; elle s'est bien changée en la première, car la solution acétique jetée dans l'eau dépose la semicarbazone F 265°. Ici, on a donc les semi-

(³) M. Delépine, *Bull., Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1369.

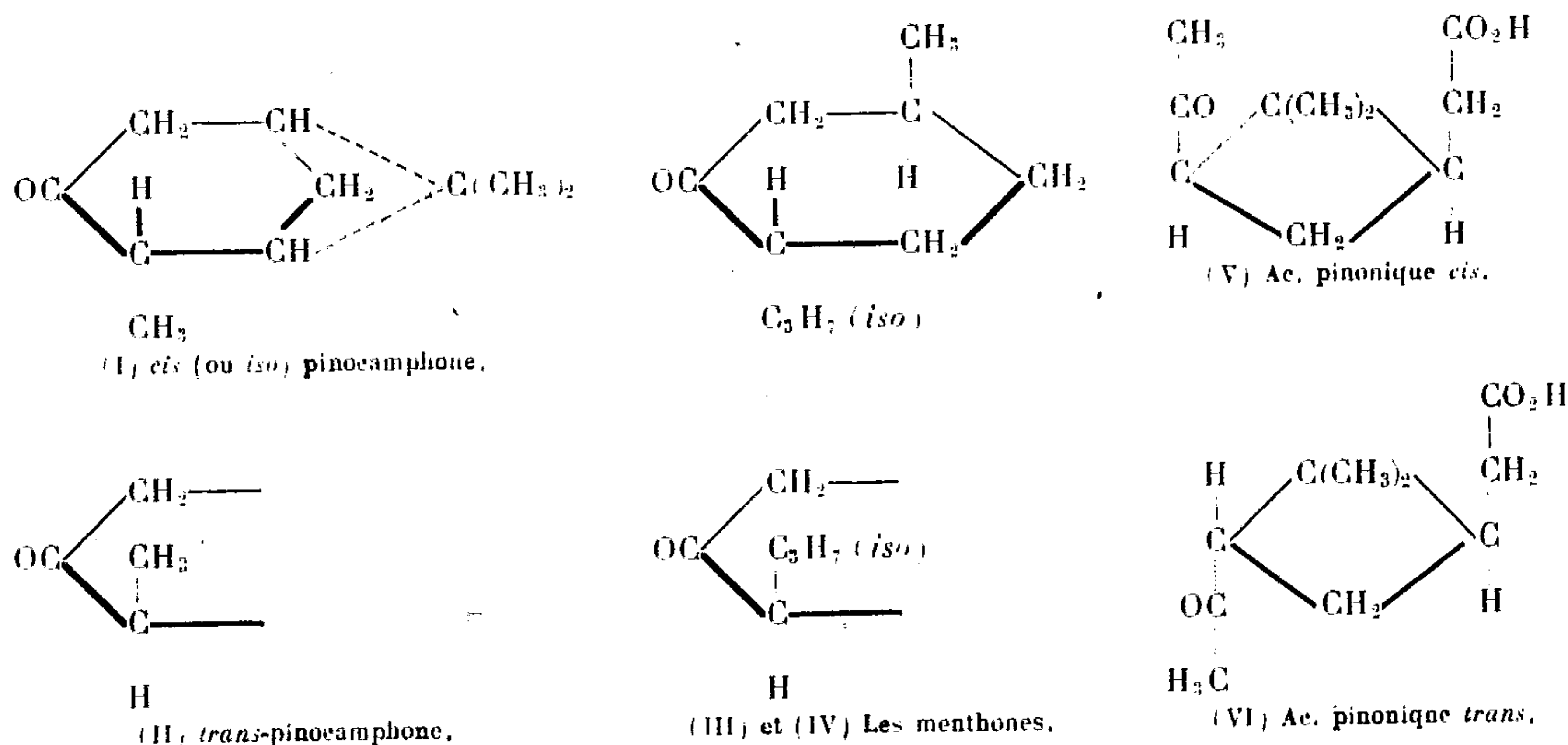
(⁴) M. Delépine et M. Badoche, *Annales de Chim.*, 12e série, 3, 1948, p. 573, 585, 591.

carbazones d'une même cétone qui correspond à la *trans*-pinocamphone de Schmidt ayant $\alpha_D = +23°$ (1 dm. sans solvant).

Nous nous sommes alors procuré l'iso (ou *cis*)-pinocamphone $(\alpha)_D = +11°$, toujours en provenance du *d*-pinène-α. Elle a fourni comme produit fondamental une semicarbazone F 281-282° $(\alpha)_D = -108°$ dans l'acide acétique; s'il y en a une deuxième, c'est en infime proportion. Mais cette semi-carbazone n'est pas stable; en 3 mois, à la température ordinaire, son pouvoir rotatoire est passé à $+94°$ et la solution acétique précipitée par l'eau a permis de retrouver la forme stable F 265° de la cétone *trans*, à côté toutefois d'un peu de semicarbazone primitive, reconnaissable à une forme particulière de cristallisation en boules.

Ainsi donc, on distingue facilement la pinocamphone *trans* de la *cis*. Cela fut alors un jeu de démontrer que l'essence d'Hysope contient de la *l*-iso (ou *cis*)-pinocamphone, puisque sa semicarbazone fondait à 281° avec $(\alpha)_D = +108°$ en solution acétique, et que ce pouvoir rotatoire passait à $-108°$ en 100 jours, ce qui était à attendre d'une isopinocamphone antipode de celle qui vient du *d*-pinène-α.

Ces résultats nous ont incités à examiner le cas des semicarbazones des menthones elles aussi susceptibles d'exister sous deux formes (III) et (IV).



(I) *cis* (ou *iso*) pinocamphone. (II) *trans*-pinocamphone. (III) et (IV) Les menthones. (V) Ac. pinonique *cis*. (VI) Ac. pinonique *trans*.

On sait que le *l*-menthol naturel, oxydé, donne une *l*-menthone $(\alpha)_D = -29°$ et que celle-ci est isomérisable en une *d*-isomenthone qui fut d'abord obtenue avec $(\alpha)_D = +28°$; mais, en réalité, le corps pur a $(\alpha)_D = +95°$, ce qui signifie que le produit d'isomérisation est un mélange.

A partir de la *l*-menthone on obtient aisément une seule semicarbazone F 193°, en beaux prismes incolores (alors que la pinocamphone en donnait deux.) Cette semicarbazone, lévogyre comme la cétone de départ a $(\alpha)_D = -37°,5$ dans l'acide acétique. Cette solution n'est pas stable; après une

dizaine de jours, $(\alpha)_D$ devient $+50°$ environ. La solution acétique versée dans deux fois son poids d'eau presque neutralisée par la soude dépose un mélange de semicarbazones que les cristallisations méthodiques dans le méthanol n'arrivent pas à scinder, mais heureusement, on s'est aperçu que l'une est à peine soluble dans l'éther, tandis que la nouvelle l'est beaucoup plus. La moins soluble, 15 % environ, est la semicarbazone originelle F 193°; la plus soluble, 85 %, fond à 136°; elle a $(\alpha)_D = +79°$ dans l'acide acétique, immédiatement. Mais cette solution, à son tour, n'est pas stable; le pouvoir rotatoire, en 5 ou 6 jours, descend à 52°, sensiblement à la même limite que la semicarbazone de la *l*-menthone; la dilution de la solution permet effectivement de retrouver les semicarbazones F 193° et F 136° dans les mêmes proportions. Il convient toutefois de faire remarquer qu'un équilibre supposé vers $(\alpha)_D = 50°$ correspondrait à 25 % de semicarbazone $-37°$ et 75 % de semicarbazone $+79°$. Il y a là un point non éclairci : peut-être l'écart est-il dû à l'existence à l'équilibre des autres formes non isolées et qui seraient très labiles, au point que lors de la précipitation par l'eau, elles reviendraient aux deux formes F 193° et F 136°?

Comme les acides modifient les menthones elles-mêmes, il est évident que régénérées de leurs semicarbazones par l'acide chlorhydrique, elles constitueront des mélanges, ce que nous avons vérifié.

L'un de nous avait obtenu à chaud l'isomérisation partielle de la semicarbazone de l'acide pinonique *cis* (V) à l'état d'acétate ([2]). Nous avons cru devoir examiner ce qui se passe à la température ordinaire. Voici les résultats dominants. La semicarbazone de l'acide *d*-pinonique *cis* dissoute dans l'acide acétique ($c = 0,025$) a $(\alpha)_D = +72°,5$; après 20 jours, $(\alpha)_D$ devient $+49°$; la semicarbazone de l'acide isomérisé *trans* (VI) est lévogyre, $(\alpha)_D = -72°$ dans le même solvant; au bout de 20 jours, on trouve $(\alpha)_D = +42°$, c'est-à-dire qu'on tend vers le même équilibre. L'acide acétique permet donc ici encore de constater des transformations.

Les détails de ces recherches, ainsi que diverses observations accessoires, seront publiés ailleurs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Migration du rubidium dans l'organisme de quelques champignons basidiomycètes.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

A la suite des recherches que nous avons publiées en 1946 sur la présence normale du rubidium dans les Champignons ([1]), nous avons effectué deux nouvelles séries de dosages pour nous rendre compte des proportions suivant lesquelles le métal alcalin passe du mycélium dans le fruit au fur et à mesure

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1946, p. 572.

du développement de ce dernier, et d'autre part s'y distribue dans les diverses parties.

Pour la première série de dosages, nous avons prélevé, sur une même meule de culture de Champignon de couche ([2]), les quatre lots suivants : 1° huit exemplaires très jeunes, à chapeau globuleux, d'un diamètre compris entre 18mm et 25mm, présentant à la coupe des lamelles incolores; 2° trois exemplaires de 4cm de diamètre, encore fermés, montrant à la coupe des lamelles rosées; 3° un exemplaire de 8cm de diamètre, commençant à s'ouvrir, à lamelles brunissantes; 4° un exemplaire de 10cm de diamètre, complètement épanoui, à lamelles brun foncé.

L'examen de ces quatre lots a fourni les résultats ci-dessous :

Désignation des lots.	Poids sec d'un exemplaire.	Rubidium par kilogramme de matière sèche.	Rubidium dans un exemplaire.
	g	mg	mg
N° 1...........	0,27 (en moy.)	42,7	0,012
2...........	1,10 »	133	0,146
3...........	3,92	34,2	0,134
4...........	9,41	19,6	0,184

Ces résultats montrent que la teneur en rubidium varie au cours du développement : d'environ 40mg par kilogramme sec lorsque le champignon est très jeune, elle est passée ici à plus de 130mg à la période de rosissement des lamelles, pour diminuer ensuite, vers 35 et 20mg à des périodes correspondant à peu près au mûrissement et à la chute des spores.

Ces différences de concentration du milieu vivant en rubidium semblent tenir, plus qu'à une autre cause, telle que des changements d'apport du métal alcalin par le mycélium, à des modifications de la vitesse de synthèse et de transformation de la matière organique par rapport à celle d'arrivée de la matière minérale. Ces modifications sont passées par un maximum à la période de rosissement des lamelles, au début de la formation des spores.

Si, au lieu de considérer la proportion de rubidium présente dans le Champignon aux diverses périodes de son développement, on s'en tient au poids absolu de ce métal emmagasiné dans un seul exemplaire, on constate, en effet, que ce poids ne cesse d'augmenter.

Pour la seconde série de dosages, nous avons opéré sur trois espèces, sur le Champignon de couche, qui représente une espèce à teneur peu élevée en rubidium, puis sur *Paxillus involutus*, d'un type plus riche, et sur *Cortinarius violaceus*, d'une richesse exceptionnelle.

Nous avions dosé comparativement en 1946 le rubidium dans les lamelles et dans le reste du chapeau d'un exemplaire adulte de la première espèce; à

([2]) Mise obligeamment à notre disposition par M. le Professeur Roger Heim.

notre surprise, nous avions obtenu un chiffre près de deux fois plus élevé avec le tissu reproducteur qu'avec celui dont il dérive. Avant de faire connaître cette observation, nous avons tenu à la contrôler par une nouvelle expérience et c'est ensuite, pour savoir si la différence constatée représentait un cas exceptionnel ou trahissait une fonction physiologique de caractère général, que nous avons examiné les deux autres espèces.

L'analyse du Champignon de couche a porté sur deux exemplaires provenant d'un même mycélium, tout au moins soudés par la base; le premier du poids de 85g,6 et le second de 54g,5. Le plus développé avait un chapeau de 80mm de diamètre, et l'autre 60mm. Les bords de ces chapeaux commençaient à se séparer des collerettes et les lamelles apparaissaient déjà passées du rose au brun plus ou moins accentué.

Au lieu des deux parties d'abord examinées, on a séparé : le pied, le chapeau, subdivisé à son tour en chair et en cuticule, et l'ensemble des lamelles ou hyménium.

On a procédé de même sur un exemplaire de *Paxillus involutus* récolté par nous dans le bois de Meudon et sur un exemplaire de *Cortinarius violaceus* (3). Les résultats de ces examens, exprimés en mg/kg de matière sèche sont rassemblés dans le tableau suivant :

Parties analysées.	Champignon de couche en 1946.	Champignon de couche en 1948.	*Paxillus involutus.*	*Cortinarius violaceus.*
Pied	non dosé	19,3	26,0	130
Chapeau : chair	38,9	28,0	46,4	324
» : cuticule	non dosé	27,5	48,0	340
Lamelles	79,0	43,0	76,0	495

Ces résultats établissent très nettement que l'hyménium est la partie du Champignon où la teneur en rubidium est la plus forte, environ une fois et demie à deux fois aussi grande que dans les autres tissus du végétal.

Tenant compte à présent des résultats apportés dans cette Note et de quelques autres présentées antérieurement, on peut donner, au sujet du rubidium contenu dans les milieux nutritifs et de sa migration dans l'organisme des champignons basidiomycètes, le schéma suivant : lors de sa période de développement exclusivement mycélienne, le champignon extrait peu à peu du milieu dont il se nourrit le rubidium qui lui est nécessaire, relativement peu quand ce milieu est formé de tissus, vivants ou morts, de plantes phanéro-

(3) Le plus grand des deux exemplaires rapportés de l'Exposition mycologique de Stockholm (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1128). Ce champignon avait été divisé aussitôt reçu, en ses diverses parties et celles-ci soumises à un commencement de dessiccation spontanée à l'air libre. Sa teneur globale en rubidium, donnée antérieurement, a été calculée en tenant compte des poids secs obtenus plus tard au laboratoire et des résultats d'analyse rapportés dans la présente Note.

games, dont la quantité utilisable est généralement limitée, davantage lorsque ce milieu est constitué par de la terre végétale dont, à défaut d'une teneur importante en métal alcalin ([4]), il peut rencontrer, au contraire, une masse de grande étendue. Cette dernière condition explique le mieux comment certaines espèces, telles que l'Entolome livide, le Cortinaire violet, la Colombette et d'autres Tricholomes ([5]) parviennent à accumuler de si grandes proportions d'un élément qu'on ne rencontre ordinairement dans la nature qu'à l'état très dilué.

Lorsque le moment de la fructification arrive, le rubidium, avec les autres substances dont les filaments mycéliens se sont enrichis, passe dans le pied, puis dans le chapeau où il se concentre et, finalement, dans l'hyménium au sein duquel la concentration atteint son degré le plus haut.

Des expériences sur l'importance physiologique du manganèse ont démontré il y a déjà longtemps ([6]) qu'une petite proportion de cet oligoélément suffit à assurer le développement du mycélium de la Moisissure Noire ou *Aspergillus niger*, mais qu'une proportion plus grande est nécessaire pour en permettre la fructification.

En attendant qu'une preuve directe soit apportée, il est logique de supposer que le rubidium joue un rôle dans le développement et, en particulier, dans la sporogenèse des Champignons basidiomycètes.

IMMUNOLOGIE. — *Le principe des anatoxines et ses applications.* Note ([*]) de M. **Gaston Ramon**.

Important du point de vue des doctrines et des théories de l'immunité antitoxique en particulier et de l'immunité en général ([1]), le principe des anatoxines mis en évidence en 1923 ([2]) ne l'était pas moins du point de vue pratique.

Dans le *domaine pratique*, en effet, le principe des anatoxines allait recevoir de nombreuses applications. Il conduisit à la création par d'autres ou par nous-même, de nouveaux vaccins et de nouvelles méthodes de vaccination.

Dans la Note du 10 décembre 1923 qui faisait connaître l'anatoxine diphtérique, il était précisé que le même processus de transformation qui permet de l'obtenir est applicable à d'autres toxines microbiennes, par exemple à la toxine tétanique qui traitée par le formol et la chaleur donne naissance à l'*anatoxine tétanique*, elle aussi inoffensive et immunisante.

([4]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 183.
([5]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1128.
([6]) G. Bertrand, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 381.

([*]) Séance du 20 décembre 1948.
([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p.
([2]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1338.

Peu après (3), il était montré que des poisons d'origine animale, par exemple les venins, des toxalbumines végétales telles que la ricine et l'abrine peuvent, comme les toxines microbiennes et par le même procédé, être rendus inoffensifs tout en conservant leurs propriétés antigènes. Ils sont ainsi transformés en *anavenin*, en *anaricine*, etc.

Il était successivement préparé, suivant une technique analogue, les *anatoxines de la gangrène gazeuse* (Weinberg), l'*anatoxine botulique* (Weinberg, Legroux), l'*anatoxine dysentérique*, l'*anatoxine staphylococcique*, l'*anatoxine du bacille de Preisz-Nocard*, etc.

A partir de ces anatoxines, il était établi des méthodes d'immunisation dont nous énumérerons les principales :

— la *vaccination antidiphtérique* qui partout où elle a été employée judicieusement et systématiquement a abouti chez les vaccinés à une diminution considérable de la morbidité et de la mortalité, celle-ci devenant quasiment nulle. Ainsi, à New-York, le taux moyen annuel de la mortalité diphtérique pour 100000 enfants au-dessous de 15 ans qui était de 86,4 pour la période de 1910-1919 et de 42,2 jusqu'en 1929 *tombe brusquement*, sous l'effet de la vaccination de plus en plus généralisée, à 6,3 en 1934 et à 0,4 en 1944. En Écosse, 700000 enfants furent vaccinés en 1941-1942, soit 65 % de la population infantile, il y eut durant ces deux années : 794 morts chez les non-vaccinés et 13 seulement chez les vaccinés (4);

— la *vaccination antitétanique* qui au cours de la deuxième Guerre Mondiale a pratiquement fait disparaître le tétanos des Armées alliées; tous les auteurs étant d'accord pour vanter les mérites de cette méthode d'origine française et pour déclarer qu'elle fut la plus belle révélation de la guerre en matière de médecine militaire préventive (5);

— les *vaccinations associées* qui associent les vaccinations anatoxiques tantôt à la vaccination antityphoïdique, tantôt à la vaccination anticoquelucheuse, etc., et qui sont en voie de généralisation dans le monde entier et plus particulièrement aux États-Unis (6);

— les *techniques de production des sérums antitoxiques* qui ont permis, grâce aux anatoxines et à la mise en œuvre du principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité, d'hyperimmuniser rapidement les animaux et d'obtenir des sérums thérapeutiques de valeur jusque-là inconnue (7).

---

(3) G. Ramon, *Comptes rendus*, 175, 1924, p. 1436; *Ann. Inst. Pasteur*, 39, 1925, p. 1.

(4) Pour tous détails, consulter nos publications récentes dans les recueils médicaux : *Bulletin Médical*, 60, 1946, p. 369; *Progrès médical*, 75, 1947, p. 451; *Bull. Acad. Méd.*, 132, 1948, nos 11 et 12, p. 178.

(5) *Voir* G. Ramon, *Bull. Acad. Méd.*, 130, 1946, p. 520; *Bulletin Médical*, 60, 1946, p. 369; *Presse Médicale*, no 71, 1948, p. 849.

(6) *Voir* pour la bibliographie G. Ramon, *Progrès Médical*, 76, 1948, p. 51.

(7) G. Ramon, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 157; *Ann. Inst. Pasteur*, 40, 1926, p. 1; *Revue d'Immunologie*, 5, 1939, p. 404.

— l'*anatoxithérapie staphylococcique* de plus en plus employée, chez l'homme comme chez l'animal, dans le traitement des affections externes dues au staphylocoque ([8]);

— les *séro-anatoxithérapies antidiphtérique, antitétanique, antibotulinique* qui en faisant succéder l'immunité active à l'immunité passive chez les malades, contribuent à la guérison et préviennent les rechutes et les récidives ([9]).

Nos recherches initiales et leurs premiers résultats qui montraient tout l'intérêt du principe des anatoxines dans l'immunité, donnèrent immédiatement l'essor, en France et à l'étranger, à un très grand nombre d'essais destinés à étudier l'action simultanée du formol et de la chaleur sur les antigènes les plus variés. Le principe de la transformation des toxines en anatoxines devait être appliqué par analogie, à l'obtention de *vaccins anatoxiques et anavirulents, d'anavaccins*, etc.

Ainsi furent préparés et utilisés dans la pratique, les vaccins anatoxiques dirigés contre le *charbon symptomatique des Bovidés* (Leclainche et Vallée) ([10]) et contre certains *germes de la gangrène gazeuse*, les *anaendotoxines des bacilles typhiques et paratyphiques* (Grasset), l'*anaendotoxine* et l'*anavaccin contre la coqueluche* couramment employés notamment au Canada et aux États-Unis, l'*anavaccin contre le choléra*, etc.

La prophylaxie spécifique de différentes maladies dues à des *ultravirus* devait largement profiter, elle aussi, du principe des anatoxines et des vaccins anavirulents. Ce principe fut en effet étendu successivement à l'obtention à partir des ultra-virus de nouveaux vaccins parmi lesquels :

— le *vaccin antirabique* anavirulent (Plantureux) utilisé en Algérie, au Japon, etc., pour la prévention de la rage chez le Chien et dans divers pays pour le traitement, chez l'Homme, de la rage après morsure, au lieu et place du virus-vaccin pastorien;

— le *vaccin anti-aphteux* (Vallée, Carré et Rinjard, Schmidt, Waldmann) ([11]) mis en œuvre présentement dans de très nombreux pays pour pré-

---

([8]) G. Ramon et coll. *Presse Médicale*, n° 57, 1935, p. 408.

([9]) G. Ramon, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 469.

([10]) *C. R. Soc. Biol.*, 92, 1925, p. 1273. Dans cette Note, Leclainche et Vallée s'exprimaient ainsi : Les remarquables travaux de Ramon sur les anatoxines ouvrent des voies nouvelles en permettant d'immuniser sans réaction fâcheuse aucune, l'homme et certaines espèces sensibles contre les poisons microbiens susceptibles d'effets mortels ou redoutables.

([11]) Vallée, Carré et Rinjard, *Rev. Gén. de Méd. Vét.*, 25, 1926, p. 129; *C. R. de la Soc. de Biol.*, 28, 1928, p. 187; S. Schmidt, *Revue d'Immunologie*, 2, 1936, p. 580; Waldmann, *Deutsch. Tierärz. Woch.*, 46, 1938, p. 569; *IVe Congrès de Pathol. Comp.*, Rome 1939. Dans cette dernière publication Waldmann précise : s'inspirant manifestement des travaux de Ramon sur l'anatoxine diphtérique, Vallée, Carré et Rinjard, de 1926 à 1929 ont effectué des recherches en vue de la préparation d'un vaccin contre la fièvre aphteuse.

venir ou pour enrayer les épizooties de fièvre aphteuse, cette calamité qui ravage périodiquement le cheptel;

— le *vaccin contre la méningo-encéphalomyélite* des Équidés (Beard, Wyckoff, etc.) largement mis à profit aux États-Unis où, à l'heure actuelle, près de dix millions de chevaux ont été immunisés à l'aide de ce vaccin;

— le *vaccin contre la peste bovine* (Curasson, Delpy, Jacotot, etc.);

— le *vaccin contre la peste porcine* (Otsuka et Kerakado, Jacotot, Wynohradnyk, etc.);

— le *vaccin contre le typhus épidémique* constitué par des Rickettsies formolés (Zinsser et Castaneda, Durand et Giroud, Cox, etc.) qui a remplacé dans la vaccination des troupes alliées appelées à opérer en Afrique du Nord, durant la deuxième Guerre Mondiale, les virus-vaccins vivants du type pastorien.

Des essais sont poursuivis depuis quelques années aux États-Unis et ailleurs pour appliquer le principe des vaccins anavirulents à l'immunisation contre la *grippe*, contre les *oreillons*, contre la *poliomyélite*, etc.

En résumé, en dehors de leur importance économique qui résulte de leur emploi dans la protection des animaux domestiques et spécialement du cheptel contre diverses affections très meurtrières (tétanos, charbon symptomatique, gangrène gazeuse, etc.) et contre des épizooties qui sont de véritables fléaux (fièvre aphteuse, peste bovine, encéphalo-myélite, etc.), les méthodes d'immunisation basées sur le principe des anatoxines et des vaccins anavirulents qui diffèrent essentiellement des méthodes Jennerienne et Pastorienne et qui les complètent très largement, ont considérablement étendu le domaine de l'immunologie appliquée, chez l'Homme, à la prophylaxie de nombreuses infections et dans certains cas à leur traitement (diphtérie, tétanos, botulisme, staphylococcies, typhus exanthématique, grippe, etc.); elles ont préservé depuis vingt-cinq ans et préservent chaque jour, un nombre incalculable d'êtres humains, de la maladie et de la mort.

Tels sont, très rapidement esquissés, les progrès accomplis en immunologie appliquée et qui ont eu leur point de départ dans la Note du 10 décembre 1923 faisant connaître l'anatoxine diphtérique et établissant le principe des anatoxines.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les symétries des fonctions sphériques de Laplace.* Note (*) de MM. **Georges Polya** et **Burnett Meyer**.

1. Une transformation orthogonale en x, y, z est soit une rotation, soit de la forme $\bar{I}R$ où R est une rotation et $\bar{I}$ la symétrie par rapport à l'origine qui change x, y, z en $-x, -y, -z$. Il n'y a que trois types de groupes finis de ces transformations : 1° Groupes, ne contenant que des rotations, énumérés

(*) Séance du 20 décembre 1948.

par Félix Klein : $\mathcal{T}$, $\mathcal{O}$, $\mathcal{J}$, $\mathcal{C}_n$, $\mathcal{D}_n$ (groupe tétraédrique, octaédrique, icosaédrique, cyclique, diédrique). 2° Soit $\mathcal{R}$ un groupe d'ordre r du premier type, ne contenant que des rotations R. Nous nommons $\mathcal{R}_i$ le groupe d'ordre $2r$ qui contient les transformations R et $\bar{\mathrm{I}}$R. Les groupes de ce type sont $\mathcal{T}_i$, $\mathcal{O}_i$, $\mathcal{J}_i$, $\mathcal{C}_{ni}$, $\mathcal{D}_{ni}$; 3° Soit $\mathcal{R}$ un groupe d'ordre $2q$ du premier type, ayant un sous-groupe $\mathcal{Q}$ d'ordre q, Q une rotation quelconque de $\mathcal{Q}$, et R une rotation contenue en $\mathcal{R}$ mais pas en $\mathcal{Q}$. Nous nommons $\mathcal{Q}[\mathcal{R}$ le groupe d'ordre $2q$ qui contient les transformations Q et $\bar{\mathrm{I}}$R. Les groupes de ce type sont $\mathcal{T}[\mathcal{O}$, $\mathcal{C}_n[\mathcal{D}_n$, $\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}$, $\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}$. On démontre aisément que cette énumération est complète. En y isolant les groupes qui n'impliquent que des rotations de périodes 1, 2, 3, 4, ou 6 on obtient les 32 classes cristallographiques.

2. Soit $\mathcal{G}$ un des groupes mentionnés. Notre problème est de *trouver h_n, nombre de fonctions sphériques* (polynomes homogènes harmoniques) *d'ordre n linéairement indépendantes qui ne sont pas changées par les transformations de $\mathcal{G}$*. Naturellement $0 \leqq h_n \leqq 2n+1$. Nous introduisons la fonction génératrice $F(t) = h_0 + h_1 t + h_2 t^2 + \ldots$ et exprimons la relation entre $\mathcal{G}$ et $F(t)$ en écrivant

$$\mathcal{G} \mid F(t). \tag{1}$$

Le tableau I énumère toutes les formules de la forme (1) et contient ainsi la solution complète de notre problème. Ces $F(t)$ ont des propriétés remarquables. I. $\lim_{t \to 1} (1-t)^2 F(t) = 2g^{-1}$ où g est l'ordre du groupe $\mathcal{G}$. II. $\lim_{t \to \infty} t F(t) = 1$ ou 0 selon que $\mathcal{G}$ est ou n'est pas du premier type (ne contenant que des rotations). III. $F(-t) = F(t)$ si G est du second type (contenant $\bar{\mathrm{I}}$) et seulement dans ce cas-là.

TABLEAU I. — *Fonctions génératrices.*

$$\mathcal{T}\left\{\frac{1}{1-t^4}\ \frac{1+t^6}{1-t^3}\right. \qquad \mathcal{O}\left\{\frac{1}{1-t^4}\ \frac{1+t^9}{1-t^6}\right. \qquad \mathcal{J}\left\{\frac{1}{1-t^{10}}\ \frac{1+t^{15}}{1-t^6}\right.$$

$$\mathcal{T}_i\left\{\frac{1}{1-t^4}\ \frac{1+t^6}{1-t^6}\right. \qquad \mathcal{O}_i\left\{\frac{1}{1-t^4}\ \frac{1}{1-t^6}\right. \qquad \mathcal{J}_i\left\{\frac{1}{1-t^{10}}\ \frac{1}{1-t^6}\right.$$

$$\mathcal{T}[\mathcal{O}\left\{\frac{1}{1-t^4}\ \frac{1}{1-t^3}\right.$$

$$\mathcal{C}_n\left\{\frac{1}{1-t}\ \frac{1+t^n}{1-t^n}\right. \qquad \mathcal{D}_n\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1+t^{n+1}}{1-t^n}\right. \qquad \mathcal{C}_n[\mathcal{D}_n\left\{\frac{1}{1-t}\ \frac{1}{1-t^n}\right.$$

n impair

$$\mathcal{C}_{ni}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1+2t^{n+1}+t^{2n}}{1-t^{2n}}\right.$$

$$\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1+t^n}{1-t^n}\right.$$

$$\mathcal{D}_{ni}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1+t^{n+1}}{1-t^{2n}}\right.$$

$$\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1}{1-t^n}\right.$$

n pair

$$\mathcal{C}_{ni}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1+t^n}{1-t^n}\right.$$

$$\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1+2t^{n+1}+t^{2n}}{1-t^{2n}}\right.$$

$$\mathcal{D}_{ni}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1}{1-t^n}\right.$$

$$\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}\left\{\frac{1}{1-t^2}\ \frac{1+t^{n+1}}{1-t^{2n}}\right.$$

3. Un théorème de Molien donne immédiatement la relation essentielle entre $(1-t^2)^{-1} F(t)$ et les polynomes, harmoniques ou non, invariants par rapport à $\mathcal{G}$. Le passage aux polynomes harmoniques qui est plausible heuristiquement peut être clairement démontré. Cette démonstration sera donnée dans un autre travail qui s'occupera aussi de la construction effective des fonctions sphériques invariantes à l'aide d'opérations différentielles suggérées par le tableau I. Pour faciliter l'application de nos résultats à des questions de physique nous ajoutons le tableau II qui compare notre notation à celle de M. Niggli (¹) pour les classes cristallographiques où les deux notations diffèrent.

TABLEAU II. — *Classes cristallographiques.*

Ici...........	$\mathcal{D}_2$	$\mathcal{C}_{1i}$	$\mathcal{C}_{2i}$	$\mathcal{C}_{4i}$	$\mathcal{C}_{6i}$	$\mathcal{D}_{2i}$	$\mathcal{D}_{3i}$	$\mathcal{D}_{4i}$	$\mathcal{D}_{6i}$	$\mathcal{T}_i$	$\mathcal{O}_i$
Niggli........	V	C_i	C_{2h}	C_{4h}	C_{6h}	V_h	D_{3d}	D_{4h}	D_{6h}	T_h	O_h

$\mathcal{C}_2[\mathcal{D}_2$	$\mathcal{C}_3[\mathcal{D}_3$	$\mathcal{C}_4[\mathcal{D}_4$	$\mathcal{C}_6[\mathcal{D}_6$	$\mathcal{C}_1[\mathcal{C}_2$	$\mathcal{C}_2[\mathcal{C}_4$	$\mathcal{C}_3[\mathcal{C}_6$	$\mathcal{D}_2[\mathcal{D}_4$	$\mathcal{D}_3[\mathcal{D}_6$	$\mathcal{T}[\mathcal{O}$
C_{2v}	C_{3v}	C_{4v}	C_{6v}	C_s	S_4	C_{3h}	V_d	D_{3h}	T_d

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau l'*Almanach des Sciences* 1949, publié sous la direction de M. René Sudre, et pour lequel il a écrit une *Introduction*.

M. **Albert Caquot** fait hommage d'un Ouvrage de M. Roger Cazaud intitulé *La fatigue des Métaux*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Léon Binet** présente un Ouvrage intitulé *Feuilles d'Hôpital* (¹), dans lequel il a rassemblé des Notes de physiologie pathologique en soulignant ses propres recherches de laboratoire et surtout ses observations cliniques prises à l'Hôpital Necker.

On y trouve les Chapitres suivants : Médecine d'hier, médecine d'aujourd'hui; Recherches sur la physiopathologie de l'appareil respiratoire; Avec de l'eau et du sel; Le soufre, auxiliaire de la vie; Le besoin d'oxygène; Un service parisien pendant l'occupation 1940-44.

M. **Jules Rouch** fait hommage d'une Conférence donnée le 13 novembre 1948 au Musée Océanographique de Monaco, à l'occasion du Centenaire de la naissance de S. A. S. le Prince Albert Ier, et intitulée *Le Prince Albert, Prince Savant*.

Mlle **Simone De Wildeman** fait hommage d'un fascicule des *Mémoires* de l'Institut Colonial Belge, contenant la XIIIe Partie du Mémoire de son Père **Émile De Wildeman**, *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale*,

(¹) *Geometrische Kristallographie des Diskontinuums*, Leipzig, 1919.

(¹) Paris, Amédée Legrand, 80 pages.

publié en collaboration avec M. L. PYNAERT, intitulée *Sur des espèces des genres : Nerium, Aspidosperma (Apocynacées), Clematis, Lawsonia, Melia, Nymphæa, Plumbago, Smilax, Terminalia, Trichilia, Viola.*

CORRESPONDANCE.

M. ÉDOUARD BELIN prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Louis Lumière.*

L'ACADÉMIE DE LA RÉPUBLIQUE POPULAIRE ROUMAINE exprime ses regrets de n'avoir pas pu prendre part aux Céromonies de transfert au Panthéon, des cendres de JEAN PERRIN et PAUL LANGEVIN.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cours de physique industrielle*, par ADRIEN MONDIEZ. Tome I. *Écoulement des fluides à travers les orifices. Tuyères et conduites. Transmission de la chaleur.* Tome II. *Production et utilisation de la chaleur (combustion, foyers, chaudières, chauffage central, séchage).*

2° *Travaux du Laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye.* Directeur du Service : RAOUL LECOQ.

3° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Flore des Spermatophytes du Parc National Albert. I. Gymnospermes et Choripétales,* par WALTER ROBYNS.

4° Publication de La cellulose du Pin. *Études sur la formation du sol de la Gascogne et la restauration de la forêt landaise,* par MAURICE LACOIN (présenté par M. Chevenard).

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Connexions entre les calculs des constructions, des problèmes, des propositions.* Note (*) de Mme **PAULETTE DESTOUCHES-FÉVRIER**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans toute conception des mathématiques, constructions, problèmes, propositions, jouent un rôle. Toute construction C à réaliser peut être considérée comme un problème à résoudre **Pb**(C), une construction réalisée $\propto$C comme résolvant **Pb**(C) qu'on note ∀**Pb**(C).

Dans l'intuitionisme la notion de problème joue un rôle essentiel, tandis que c'est la notion de construction qui joue ce rôle dans la conception des *mathématiques du constructible au sens strict*, définie dans une Note récente (1) et

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) P. DESTOUCHES-FÉVRIER, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1192.

caractérisée par : 1° un objet (non fondamental) n'est considéré comme existant qu'après une construction; 2° une démonstration ne se fait qu'au moyen d'une construction; 3° tout problème à résoudre est une construction à réaliser, un problème n'est résolu que par la réalisation d'une construction. Il en résulte que dans cette conception le calcul des problèmes et le calcul des propositions (c'est-à-dire la logique) sont subordonnés au calcul des constructions, et ces trois calculs ne se séparent pas des mathématiques. Ici donc (contrairement aux autres conceptions) le signe ꓤ et les opérations $\supset$, $\wedge$, $\vee$ du calcul des problèmes pourront être définies, en vertu de 3° par

$$ꓤ\,\mathrm{Pb}(C) =_d \propto C; \qquad \mathrm{Pb}(C) \supset \mathrm{Pb}(C') =_d \mathrm{Pb}(C \supset C')$$

et des formules semblables entre $\wedge$ et /, entre $\vee$ et /; de cette façon on aura donc un calcul des problèmes isomorphe au calcul des constructions.

2. Dans l'intuitionisme de Brouwer et Heyting ou dans l'intuitionisme positif ([2]) ou celui de Johansson ([3]), le calcul des propositions est isomorphe à celui des problèmes. Dans la conception strictement constructible, on ne peut considérer des propositions éléments p, mais seulement des propositions $p(a)$ dépendant de constantes a et des fonctions propositionnelles $p(x)$ où x parcourt un ensemble fondamental ou déploiement. Mais, compte tenu de 2°, on peut définir un calcul des propositions à partir du calcul des constructions en faisant intervenir la construction $\mathbf{C}[a, b, c, \ldots; p(x, y, z, \ldots)]$ signifiant « construire des éléments $a, b, c, \ldots$ tels que $p(a, b, c, \ldots)$ » et la construction dépendant de variables $x, y, z, \ldots$ notée $\mathbf{C}[x, y, z, \ldots; p(u, v, w, \ldots)]$ signifiant « construire les espèces E_x, E_y, E_z telles que $p(x, y, z, \ldots)$ » (exemple : « construire la médiatrice de AB s'écrit $\mathbf{C}[X; AU = BU]$) ». Comme pour les problèmes on peut définir un calcul des propositions isomorphe au calcul des constructions, mais ce ne sont pas les opérations qu'on définit ainsi qui ont un intérêt, ce sont au contraire celles conduisant au calcul sur les espèces (ensembles), seulement ces opérations sont conditionnelles comme dans une logique de complémentarité. D'après 2°, on doit poser

$$p(x) \rightarrow q(y) =_d \mathbf{C}[x; p(u)] \supset \mathbf{C}[y; q(v)],$$

et de même, s'il y a plusieurs variables et si certaines figurent dans p et dans q et pour des constantes. La notion de proposition réalisable joue un rôle important

$$\mathrm{Réal}\, p(a) =_d \propto \mathbf{C}[a; p(x)], \qquad \mathrm{Réal}\, p(x) =_d \propto \exists a\, \mathbf{C}[a; p(x)].$$

3. Une espèce et l'appartenance à une espèce seront définies par

$$\mathrm{Esp}_x p(x) =_d \propto \mathbf{C}[x; p(x)], \qquad a \in \mathrm{Esp}_x p(x) =_d \propto \mathbf{C}[a; p(x)],$$

([2]) P. Destouches-Février, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1241 et 226, 1948 p. 38.
([3]) I. Johansson, *Compositio Math.*, 4, 1936, p. 119.

une espèce sera *bien définie* si $p(x)$ est réalisable; les opérations sur espèces seront définies à partir du calcul sur les constructions. De la définition de l'espèce, il résulte qu'on ne peut pas définir l'espèce vide (par contre, on peut introduire le nombre zéro). On pose

$$\mathrm{Esp}_x p(x) \subset \mathrm{Esp}_x q(x) =_d \propto . \forall x\, \mathbf{C}[x; p(u)] \supset \mathbf{C}[x; q(v)];$$
$$\mathrm{Esp}_x p(x) \cup \mathrm{Esp}_x q(x) =_d \propto . \big(\mathbf{C}[x; p(u)] \vee \mathbf{C}[x; q(v)] \wedge \exists a\, \mathbf{C}[a; p(x)] \wedge \exists b\, \mathbf{C}[b; q(y)]\big);$$
$$\mathrm{Esp}_x p(x) \cap \mathrm{Esp}_x q(x) =_d \propto\, \mathbf{C}[x; p(u)] \wedge \mathbf{C}[x; q(v)].$$

A partir de ces définitions on définira sans peine les opérations conditionnelles $\bigvee$ et $\bigwedge$ du calcul des propositions.

Une espèce n'existe que si une construction a été réalisée, une opération n'est applicable que si l'espèce obtenue est bien définie.

4. La négation d'une proposition ne peut être définie à partir d'une construction; si l'on a défini, comme Johansson, la contradiction $\emptyset$ parmi les objets fondamentaux, alors une négation peut être définie. A partir de la liaison entre propositions et problèmes établie dans une Note antérieure ([3]) on peut alors définir une négation dans le calcul des problèmes. Mais dans la conception strictement constructive on ne peut accepter de faire intervenir $\emptyset$ et les suppositions doivent toujours être limitées aux propositions réalisables; on retombe ainsi sur une conception voisine de celle de Griss ([4]).

ALGÈBRE. — *Sur l'extension des théorèmes de dualité aux treillis distributifs non complémentés.* Note (*) de M. **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Gaston Julia.

Deux S-applications adverses $x^1 = \sigma(x) =$ réunion des y tel que $x|y$ soit complémenté et $x_1 = \tau(x) =$ intersection des y tels que $y|x$ soit complémenté ont été définies dans une Note antérieure ([1]) pour les treillis modulaires quelconques.

On se restreindra ici aux *treillis distributifs* tels que pour tout $x < y$, il existe au moins un z et un t tels que $x < z \leqq y$ et $x \leqq t < y$ et que $x|z$ et $t|y$ soient complémentés. Cette condition, vérifiée notamment pour les treillis finis, équivaut à

$$(x+y)x^1 = x, \text{ équivalent à } y \leqq x \qquad \text{et} \qquad xy + x_1 = x, \text{ équivalent à } x \leqq y.$$

([3]) P. Destouches-Février, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 484.

([4]) *Proc. Nederland. Akad. v. Weten.*, 53, 1944, p. 261 et 49, 1946, p. 1127; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 946.

(*) Séance du 15 novembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1008.

Pour tout x on appellera *complémentaire relatif inférieur* et l'on désignera par $\underline{x}$, tout élément y tels que $xy = x_1$ et $x + y = y^1$ et *complémentaire relatif supérieur* $\overline{x}$, tout y tel que $x + y = x^1$ et $xy = y_1$.

Si le treillis est lui-même complémenté, $x^1 = 1$ et $x_1 = 0$ pour tout x, et $\underline{x}$ et $\overline{x}$ se confondent avec le complémentaire absolu de x au sens habituel.

Théorème 1. — *Si y et z sont des $\underline{x}$, alors, $y = z$ car*

$$(y + z)y^1 = y + zy^1 = y + z(x + y) = y + x_1 + zy = y,$$

d'où, d'après (1), *$z \leqq y$ et, de même, $y \leqq z$, donc $y = z$.*

Théorème 2. — *Pour tout x et tout z, $xz \leqq \underline{x}$ est équivalent à $z \leqq \underline{x}$ (même raisonnement).*

Théorème 3. — *La réunion y des z tels que $zx \leqq x_1$ est un $\underline{x}$.*

Évidemment, $yx = x_1$; d'autre part, si $y + x \neq y^1$, il existe un complément absolu u de $y + x$ dans le treillis complémenté $y | y^1$; c'est-à-dire que $y^1 = y + x + u$, avec $(y + x)u = y$; d'où $yu + xu = y$; donc $xu \leqq y$, donc $xu \leqq yx = x_1$, donc, par hypothèse, $u \leqq y$, soit $x + y = y^1$.

Les applications $x \rightarrow \overline{x}$ et $x \rightarrow \underline{x}$ sont donc des *applications partout définies* et l'on a

$$\overline{(\underline{x})} = x, \qquad \underline{(\overline{x})} = x, \qquad \text{mais en général} \quad \overline{(\overline{x})} \neq \underline{(\underline{x})} \neq x.$$

Théorème 4. — *Si $u + v = x$, alors $\underline{uv} \leqq \underline{x}$. En effet $u_1 + v_1 = x_1$ d'où*

$$u\underline{uv} + v\underline{uv} = x\underline{uv} \qquad \text{et} \qquad u\underline{uv} + v\underline{u}\,\underline{u} = xx\underline{uv}$$

d'où $x\underline{uv} = xx\underline{uv}$, d'où (d'après le théorème 2) $\underline{uv} \leqq \underline{x}$; de même, si $uv = x$, alors $\overline{x} \leqq \overline{u} + \overline{v}$.

Théorème 5. — *Si x est un élément $+$ irréductible $\overline{g}_i$, $\underline{x}$ est un élément $\times$ irréductible $\underline{g}_i$* et réciproquement. *Car $x_1 | x$ est isormophe à $\underline{x} | x^1$.*

Théorème 6. — *Si x est un élément $+$ irréductible $\overline{g}_i$; x et $\underline{x}$* clivent strictement *le treillis (c'est-à-dire que pour tout y, ou bien $x \leqq y$, ou bien $y \leqq \underline{x}$ (immédiat d'après le théorème 2).*

Théorème 7. — *Si $x = \Sigma \overline{g}_i$ est une représentation* minimale *de x comme réunion d'éléments $+$ irréductibles, alors $\underline{x} = \Pi \underline{g}_i$ et réciproquement (extension des formules de Morgan) (immédiat d'après le théorème précédent).*

Théorème 8. — *Si $x < y$ sont des éléments $+$ irréductibles. alors $\underline{x} < \underline{y}$.*

Car d'après le théorème 6, $y \leqq \underline{x}$, ou $\underline{x} \leqq \underline{y}$, mais, $y \leqq \underline{x}$ entraînerait $x \leqq \underline{x}$, ce qui est impossible pour $x \neq 0$.

De ce résultat, on déduit sans peine :

Théorème 9. — *Tout treillis distributif fini $\mathfrak{L}$ est défini biunivoquement par la donnée de l'*ensemble partiellement ordonné *$\mathfrak{J}^+(\mathfrak{L})$ obtenu en* restreignant *la*

structure aux éléments + irréductibles et $\mathcal{J}^+(\mathcal{L})$ *est isomorphe à* $\mathcal{J}^\times(\mathcal{L})$ *défini de la même manière sur les éléments* $\times$ *irréductibles.*

THÉORÈME 10. — *Pour tout n entier, le nombre* N_n^+ *des éléments de* $\mathcal{L}$ précédés immédiatement *par n éléments est égal au nombre* $N_n^\times$ des éléments de $\mathcal{L}$ suivis immédiatement *de n éléments (car* $x_1 \mid x$ *est isomorphe à* $\underline{x} \mid \underline{x}'$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les semi-groupes linéaires.*
Note (*) de M. **Einar Hille**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit $\mathfrak{X}$ un espace complexe (B) et $\mathfrak{S} = \{T(a)\}$ une famille de transformations linéaires de $\mathfrak{X}$ en $\mathfrak{X}$ avec $\|T(a)\| \leqq 1$. Soit $T(a)$ définie pour $a = (\alpha_1, \ldots, \alpha_n)$ dans $\overline{E}_n^+$ (partie de l'espace réel euclidien E_n où $\alpha_k \geqq 0$, $k = 1, \ldots, n$; E_n^+, intérieur de $\overline{E}_n^+$). Soit $F(a, b)$ une fonction continue de (a, b) définie et ayant ses valeurs dans $\overline{E}_n^+$ telle que $F(a, 0) = F(0, a) = a$ et $F(a, F(b, c)) = F(F(a, b), c)$.

$\mathfrak{S}$ *sera un semi-groupe à n paramètres réels* si

(1) $$T(a)T(b)x = T(c)x, \quad c = F(a, b), \quad a, \ b \in \overline{E}_n^+, \quad x \in \mathfrak{X}.$$

On a pris $T(0) = 1$, c'est-à-dire l'opération identique.

Cherchons à étendre aux semi-groupes la théorie de Lie. Faisons d'abord l'hypothèse :

C_1. *Pour tout compact* $K \subset E_n^+$, *existe un* $\delta = \delta(K) > 0$ *tel que l'équation* $F(h, b) = c$ *ait dans* E_n^+ *une solution unique* $b = \psi(c, h)$ *pour* $c \in K$, $|h| < \delta$, *la solution étant fonction continue de* (c, h) *et faisant correspondre, pour c fixe, des ensembles mesurables aux ensembles mesurables* ($|a|$, longueur euclidienne du vecteur a).

Cela étant, soit $T(a)$ fonction mesurable au sens fort dans E_n^+. $T(a)$ *est alors continue au sens fort dans* E_n^+, mais non, en général, sur sa frontière. Dans le cas où $T(a)x \to x$ pour chaque x quand $|a| \to 0$, $T(a)$ est *continue au sens fort en* $\overline{E}_n^+$ si l'on remplace l'hypothèse C_1 par :

C_2. *Pour tout* $R > 0$ *existe un* $\delta = \delta(R) > 0$ *tel que* $F(a, h_1) \neq F(a, h_2)$ *pour* $h_1 \neq h_2$ *et* $|a| < R$, $|h_1|$, $|h_2| < \delta(R)$.

2. L'existence des génératrices infinitésimales de $\mathfrak{S}$ dépend des conditions plus restrictives :

C_3. *On a, pour tout point de* $\overline{E}_n^+$, *avec un* B *fixe*

$$\max\{|F(a_1, b) - F(a_2, b)|, \quad |F(b, a_1) - F(b, a_2)|\} \leqq [1 + B|b|]\,|a_1 - a_2|.$$

C_4. *Il existe une fonction positive monotone croissante et continue* $\omega(\xi)$, $0 < \xi$, *tendant vers zéro avec* ξ, *telle que*

$$|F(a, b) - a - b| \leqq r\omega(|a + b|), \qquad r = \min(|a|, |b|).$$

(*) Séance du 20 décembre 1948.

En supposant C_3 et C_4, mais non C_1 et C_2, on démontre que l'équation fonctionnelle

(3) $$g(\rho+\sigma) = F[g(\rho), g(\sigma)] \quad (\rho > 0, \sigma > 0),$$

avec la condition initiale

(4) $$\lim_{\rho \to 0} \rho^{-1} g(\rho) = a \in \overline{E}_n^+,$$

a une solution unique $g(\rho) = f(\rho a)$ dans $\overline{E}_n^+$. De plus, si (3) a dans $\overline{E}_n^+$ une solution qui tend vers zéro avec ρ et si $\omega(\xi)\xi^{-1} \in L(0, 1)$, alors il y a une a dans $\overline{E}_n^+$ pour laquelle (4) est vérifiée.

Si $T(c)$ est continue au sens fort dans $\overline{E}_n^+$, les $T[f(\rho a)]$, $0 \leq \rho < \infty$ forment un *sous-semi-groupe* $\mathfrak{S}_a$ *de* $\mathfrak{S}$ *à un paramètre* et, si $\omega(\xi)\xi^{-1} \in L(0, 1)$, tous les sous-semi-groupes à un paramètre sont donnés de cette façon.

Chaque semi-groupe $\mathfrak{S}_a$ donne naissance à une *transformation infinitésimale* $A(a)$ de $\mathfrak{S}$ définie par

(5) $$\lim_{\delta \to 0} \delta^{-1} \{T[f(\delta a)] - 1\} x = A(a)x$$

dans un domaine $\mathfrak{D}(a)$ dense en $\mathfrak{X}$. L'opération $A(a)$ est fermée mais, en général, non bornée et son spectre peut remplir le demi-plan gauche. Évidemment $\mathfrak{D}(\alpha a) = \mathfrak{D}(a)$, $A(\alpha a) = \alpha A(a)$.

3. Supposons enfin que

C_5. $F(a, b)$ *a des dérivées partielles continues par rapport aux coordonnées de a et de b* jusqu'au troisième ordre.

Alors on démontre l'existence d'un domaine $\mathfrak{K}[\mathfrak{X}]$ en $\mathfrak{X}$ tel que chaque élément de $\mathfrak{K}[\mathfrak{X}]$ appartient à tous les domaines $\mathfrak{D}(a)$ ainsi qu'aux domaines d'existence de $A(a)A(b)$ pour $a, b \in \overline{E}_n^+$. Le domaine $\mathfrak{K}[\mathfrak{X}]$ est dense en $\mathfrak{X}$, l'ensemble $[y, A(a)y]$, $y \in \mathfrak{K}[\mathfrak{X}]$, est dense en $[x, A(a)x]$, $x \in \mathfrak{D}(a)$, et, plus généralement, $[y, A(a_1)y, \ldots, A(a_k)y]$, $y \in \mathfrak{K}[\mathfrak{X}]$, est dense en $[x, A(a_1)x, \ldots, A(a_k)]$, $x \in \bigcap_1^n \mathfrak{D}(a_k)$. On peut construire de tels éléments en modifiant des procédés dus à MM. N. Dunford et I. Gelfand. On prend par exemple

$$y = C^{-n} \int_\sigma^\tau \cdots \int_\sigma^\tau \exp\left\{-(\tau-\sigma)^2 \sum_{k=1}^n [(\tau-\gamma_k)(\gamma_k-\sigma)]^{-1}\right\} T(\gamma_1, \ldots, \gamma_n) x \, d\gamma_1 \ldots d\gamma_n,$$

où

$$x \in \mathfrak{X}, \quad C = (\tau-\sigma)\int_0^1 \exp\{-[\gamma(1-\gamma)]^{-1}\} d\gamma.$$

Cela étant, on trouve que

(6) $$A(a_1 + a_2)x = A(a_1)x + A(a_2)x, \quad a_1, \quad a_2 \in \overline{E}_n^+,$$

pour chaque x de $\mathfrak{D}(a_1) \cap \mathfrak{D}(a_2)$, ce qui donne la décomposition unique

(7) $$A(a)x = \alpha_1 A_1 x + \alpha_2 A_2 x + \ldots + \alpha_n A_n x, \quad A_k = A(e_k),$$

si $a = \alpha_1 e_1 + \alpha_2 e_2 + \ldots + \alpha_n e_n$ où les e_k sont les vecteurs unités de l'espace E_n et $x \in \mathcal{D}_n = \cap_1^n \mathcal{D}(e_k)$. Les A_k sont *linéairement indépendantes* sur $\mathcal{D}_n$.

Les analogues des deux premiers *théorèmes fondamentaux* de S. Lie (le troisième est valable sans changement) sont alors :

I. *Pour* $y \in \mathcal{K}[\mathfrak{X}]$ *et* $|a|$ *suffisamment petit, on a*

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_j} T(a) y = \sum_{k=1}^{n} \Gamma_{jk}(a) T(a) A_k y \qquad (j = 1, 2, \ldots, n), \tag{8}$$

où les fonctions $\Gamma_{jk}(a)$ *s'expriment au moyen des dérivées partielles secondes de* $F(a, b)$ *pour* $b = 0$ *et* $\Gamma_{jk}(a) \to \delta_{jk}$ *quand* $|a| \to 0$.

II. *Pour* $y \in \mathcal{K}[\mathfrak{X}]$ *on a*

$$[A_i, A_j] y \equiv (A_i A_j - A_j A_i) y = \sum_{k=1}^{n} \gamma_{ij}^k A_k y, \tag{8}$$

où les constantes de structure sont définies par les formules classiques.

Si les opérations aux premiers membres de (8) et (9) sont fermées, ces relations sont valables pour $y \in \mathcal{D}_n$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — I. *Tribus de Boole et fonctions mesurables. Tribu spectrale d'une fonction.* Note (*) de M. **Otton Martin Nikodym**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit $f(x)$ une fonction mesurable (m.) et finie, définie presque partout sur un ensemble m. $\mathcal{E}$ de mesure positive. Appelons *échelle spectrale* (sp.) de $f(x)$ la famille $\{\varepsilon(\lambda)\}$ définie dans $-\infty \leqq \lambda \leqq +\infty$ et où $\varepsilon(\lambda)$ est l'ensemble de tous les x pour lesquels $f(x) \leqq \lambda$. Elle jouit des propriétés suivantes : 1° Si $-\infty \leqq \lambda' \leqq \lambda'' \leqq +\infty$, on a $\varepsilon(\lambda') \subseteq \varepsilon(\lambda'')$; 2° $\varepsilon(-\infty) = 0$; 3° $\varepsilon(+\infty) \doteq \mathcal{E}$ (presque égal); 4° Si $-\infty \leqq \ldots \leqq \lambda_n \leqq \ldots \leqq \lambda_2 \leqq \lambda_1 \leqq +\infty$, $\lambda_n \to \lambda_0$, on a $\varepsilon(\lambda_0) = \Pi_n \varepsilon(\lambda_n)$; 5° Si $-\infty \leqq \lambda_1 \leqq \lambda_2 \leqq \ldots \leqq \lambda_n \leqq \ldots \leqq +\infty$, $\lambda_n \to +\infty$, on a $\Sigma_n \varepsilon(\lambda_n) = \varepsilon(+\infty)$. Étant donné une famille d'ensembles m. jouissant des propriétés 1°-5°, il existe une fonction finie m. unique $f(x)$ dont l'échelle sp. est $\{\varepsilon(\lambda)\}$, $f(x) =$ borne inf. des λ finis tels que $x \in \varepsilon(\lambda)$. Appelons *soma* e^* correspondant à un sous-ens. m. e de $\mathcal{E}$ la classe de tous les sous-ens. m. a pour lesquels $|e, a| = \text{mes}\,[(e - a) + (a - e)] = 0$; e s'appelle représentant de e^*.

Après avoir défini les opérations somatiques et la relation $e_1^* \subseteq e_2^*$ par les opérations (resp. relation) analogues sur les représentants respectifs, on voit que les somata forment une tribu (L^*) dénombrablement additive (dén. add.) de Boole et, si l'on pose mes $e^* =$ mes e, on a sur (L^*) une mesure non négative, [den. add. et *effective*, c'est-à-dire mes $e^* = 0$ entraîne $e^* = O^*$]. (L^*) sera appelé *tribu Lebesguienne sur* $\mathcal{E}$. La famille de somata $\{\varepsilon(\lambda)^*\}$ s'appellera

(*) Séance du 29 novembre 1948.

échelle somatique spectrale (é. s. sp.) de $f(x)$ et, la plus petite sous tribu den. add. de (L^*) contenant tous les $\varepsilon(\lambda)^*$, la *tribu spectrale* (tr. sp. (T_f^*) de $f(x)$. Pour que deux fonctions $f(x)$, $g(x)$ soient presque partout égales, il faut et il suffit que leurs é. s. sp. soient identiques. Pour que $f(x)$ soit constante sur un ens. m. de mesure positive, il faut et il suffit que (T_f^*) contienne un atome. La classe de toutes les sommes finies $\Sigma_i(\varepsilon(\lambda'')^* - \varepsilon(\lambda')^*)$ est une tribu simplement add.; elle s'appelle *tribu spectrale* (S_f^*) *restreinte* de $f(x)$. Elle sert d'instrument dans des démonstrations et, son extension Borélienne qui coïncide ici avec son extension Lebesguienne [1], est identique avec (T_f^*). Chaque soma $a^* \in (T_f^*)$ peut être représentée par la formule $a^* = \Sigma_{n=1}^{\infty} \Pi_{s=n}^{\infty} b_s^*$ où $b^* \in (S_f^*)$.

Les somata de (T_f^*) sont des mes-limites des suites *fondamentales* $\{C_s^*\}$ où $C_s^* \in (S_f^*)$, c'est-à-dire $\text{mes}|C_{s'}^*, C_{s''}^*| \to 0$ pour s', $s'' \to \infty$ [2]. $a^* \in (T_f^*)$ si et seulement s'il existe un ensemble borélien A tel que a^* est le soma correspondant à l'ensemble de tous les x pour lesquels $f(x) \in A$. $R(\lambda) = \text{mes}\,\varepsilon(\lambda)^*$ s'appellera *échelle de mesures* de $f(x)$. Si les éch. d. m. de $f(x)$ et $g(x)$ coïncident, les somata de (T_f^*) et (T_g^*) peuvent être mises dans une correspondance biunivoque, dénombrablement isomorphe et isométrique, mais on n'en peut pas conclure que leurs éch. s. sp. sont identiques. Si, entre (T_f^*) et une sous-tribu (S^*) de (L^*) il y a un isomorphisme dénombr. et isométr., il existe une fonction $g(x)$ dont le tr. s. sp. est (S^*) et, telle que les éch. d. m. de $f(x)$ et $g(x)$ coïncident. Si (T_f^*) n'a pas d'atomes, la correspondance entre les $\varepsilon(\lambda)^*$ et les somata correspondant aux intervalles $[0, R(\lambda)]$ peut être étendue à un isomorphisme dénombr. et isométr. entre les somata de (T_f^*) et ceux de la tribu Lebesguienne sur $(0, \text{mes}\,\mathcal{E})$.

Théorème. — *Si (S^*) est une sous-tribu de (T_f^*) avec la même unité* 1, *il existe une fonction borélienne $\Phi(\lambda)$ dans $(-\infty < \lambda < \infty)$ telle que (S^*) est la tr. s. sp. de $\Phi[f(x)]$. Si $\Phi(\lambda)$ est une telle fonction borélienne, la tr. s. sp. de $\Phi[f(x)]$ est une sous-tribu de (T_f^*) avec le même* 1.

Tout ceci va nous servir dans la Note qui va suivre sur les transformations ponctuelles équimesurables des fonctions *m*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Formules de quadrature approchée pour les fonctions continues à dérivée première continue et à dérivée seconde bornée.* Note [*] de M. **Jean Kuntzmann**, présentée par M. Gaston Julia.

Les fonctions continues à dérivée première continue et à dérivée seconde inférieure à K en valeur absolue ayant en n points donnés des valeurs et des

(1) O. Nikodym, *Mémoires de l'Ac. Roy. de Belgique*, XVII, 1938, p. 19-20.

(2) O. Nikodym, *Fund. Math.*, 14, 1939; F. Wecken, *Math. Zeitschr.*, 45, 1939.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

dérivées du premier ordre données sont comprises entre deux fonctions limitantes formées d'arcs de parabole.

Dans une précédente Note (1) j'ai utilisé cette remarque pour $n=2$. Je me propose de le faire ici pour n quelconque.

Soit $-l$, $+l$ l'intervalle d'intégration. Les conditions d'optimum sont toujours réalisées pour des points équidistants de h disposés symétriquement dans l'intervalle $-l$, $+l$.

Le maximum E du demi-écart des aires des courbes limitantes peut être calculé. Son minimum est réalisé pour

$$h=\frac{4l}{\sqrt{3}+2(n-1)} \quad \text{et vaut} \quad E_0=\frac{Klh^2}{16}.$$

La moyenne des aires des courbes limitantes est très compliquée, si bien qu'on ne peut l'utiliser comme formule d'intégration approchée.

Dans le cas des deux points $+l$, $-l$, la formule

$$l[f(l)+f(-l)]+\frac{3l^2}{8}[f'(l)-f'(-l)]$$

donne l'intégrale de f dans l'intervalle $-l$, $+l$ avec un maximum d'erreur égal à la valeur de E pour ces deux points, soit $Kl^3/4$.

On en déduit dans le cas de n points une formule qui a pour maximum d'erreur exactement la valeur de E pour ces n points. Cette formule contient les f des n points et les f' des deux points extrêmes. Dans le cas où les points extrêmes sont aux extrémités de l'intervalle [les autres étant équidistants de $h=2l/(n-1)$] la formule est celle des trapèzes avec le terme correctif $(3h^2/32)[f'(l)-f'(-l)]$.

Si les points sont ceux qui réalisent E_0, on a une formule qui est la meilleure possible en ce sens que son maximum d'erreur qui est encore E_0 est le plus petit possible. Il se trouve que cette formule ne contient pas les dérivées si bien qu'elle est la meilleure possible des formules ne contenant que les n valeurs de la fonction.

On peut comparer les formules ainsi obtenues à diverses autres. On trouve ainsi les erreurs.

Formule des trapèzes $\quad \frac{Klh^2}{6}.$

Formule de Simpson $\quad \frac{8Klh^2}{81}.$

Formule de Poncelet $\quad \frac{Klh^2}{12}.$

---

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 584-586.

L'intervalle d'intégration est toujours $-l$, $+l$ et h désigne la distance constante de deux points voisins.

Les calculs très élémentaires sont assez longs, si bien qu'il n'est pas possible de donner ici autre chose que des résultats.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Théorèmes sur les spirales de M. Julia et sur les fonctions absolument monotones.* Note (*) de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans son Mémoire de 1928 (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*) M. Valiron a étudié l'ensemble des spirales de M. Julia et est arrivé à la conclusion qu'étant donnée une fonction $\varphi(z)$ méromorphe au voisinage de l'infini, toute spirale de la forme $e^{i\delta}t^{1+ik}$ (δ et k réels fixes, t variable réel positif) est une spirale de Julia ou de Picard quel que soit δ, sauf peut-être pour un ensemble $E(f)$ de mesure nulle de valeurs de k.

Les théorèmes suivants apportent quelques renseignements sur cet ensemble de valeurs exceptionnelles.

Théorème I. — *Si $\varphi(z)$ est holomorphe il n'y a qu'un nombre fini de valeurs exceptionnelles de k de la forme Cn (n entier) quel que soit C.*

Théorème II. — *Dans la même hypothèse s'il existe une droite de Julia isolée l'ensemble exceptionnel k est borné supérieurement.*

Théorème III. — *$\varphi(z)$ étant toujours holomorphe autour du point à l'infini et telle qu'il existe un chemin tendant vers l'infini sur lequel $\varphi(z)$ est bornée ou bien telle qu'il existe une valeur a telle que $\lim \rho_{n+1}/\rho_n = 1$, ρ_n et ρ_{n+1} étant par ordre de grandeur croissante le $n^{\text{ième}}$ et $n+1^{\text{ième}}$ module des racines de $f(z) - a = 0$ s'il existe une valeur de k exceptionnelle toute droite est droite de Julia.*

En particulier $E(f)$ est vide pour les fonctions d'ordre fini à valeurs exceptionnelles de Picard ou de Borel, pour les fonctions définies par M. Valiron qui sont bornées dans un angle sans tendre vers une limite dans cet angle, pour les fonctions de Mittag-Leffler.

Théorème IV. — *Pour des fonctions du type du théorème III s'il n'existe qu'une infinité dénombrable de droites de Julia, toutes les spirales de la forme $e^{i\delta}\varphi(t)t^i$ sont spirales de Julia pour toute valeur de δ à la condition que $\varphi(e^{2\pi}t)/\varphi(t)$ tende vers une limite pour t infini, ($\varphi(t)$ tendant vers l'infini pour t infiniment grand).*

Théorème V. — *Pour des fonctions du type du théorème III s'il n'existe qu'une seule droite de Julia toutes les spirales de la forme $e^{i\delta}\varphi(t)t^i$ sont spirales de Julia à la seule condition que $\varphi(e^{2\pi}t)/\varphi(t)$ soit borné quel que soit t ($\varphi(t)$ tendant vers l'infini pour t infiniment grand).*

2. On connaît un certain nombre de théorèmes sur la décomposabilité de

(*) Séance du 20 décembre 1948.

fonctions absolument monotones en produit de fonctions absolument monotones. Dans cet ordre d'idées on peut énoncer :

THÉORÈME. — *Si une fonction entière*

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n + \ldots \qquad (a_n \geqq 0)$$

est d'ordre ρ *et s'il existe une suite de coefficients* $a_{n_1}, a_{n_2}, \ldots, a_{n_p}, \ldots$ *tels que la fonction*

$$f_1(z) = a_{n_1} z^{n_1} + a_{n_2} z^{n_2} + \ldots + a_{n_p} z^{n_p} + \ldots$$

soit d'ordre $\rho_1 < \rho$ *avec* $\lim n_{p+1}/n_p = 1$, *la fonction* $f(z)$ *n'est pas décomposable en produit de fonctions absolument monotones.*

Ce résultat permet d'affirmer qu'une loi dérivée de la loi de Poisson par des combinaisons linéaires n'est pas décomposable. La fonction génératrice de cette loi est

$$\alpha_1 \varphi(z) + \alpha_2 \varphi(z^2) + \ldots + \alpha_p \varphi(z^p)$$

avec les α positifs et de somme égale à 1, et $\varphi(z) = e^{\lambda(z-1)}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème de Landau-Carathéodory.* Note (*) de M. **Jean Combes**, présentée par M. Paul Montel.

1. La méthode des familles normales, qui permet de démontrer le théorème de Landau, s'applique *a fortiori* quand il y a plus de deux valeurs exceptionnelles. Le rayon R d'un cercle où les fonctions $a_0 + a_1 x + \ldots$ (a_0, a_1 donnés, $a_1 \neq 0$) sont holomorphes et ne prennent pas les valeurs d'un certain ensemble F, satisfait à $R < B(a_0, a_1; F)$.

F est fini ou infini; on suppose qu'il contienne la valeur infinie. Si les seules valeurs exceptionnelles sont celles de F, le plan complexe privé des points de F forme un domaine connexe D, domaine des valeurs prises.

Il existe pour les rayons R une *borne exacte* $A(a_0, a_1; F)$ et cette borne est *atteinte*, c'est-à-dire qu'il existe une fonction de la famille pour laquelle le rayon maximum $R = A$.

Soit en effet f_n une fonction pour laquelle $R_n > A - (1/n)$. De la suite f_n on extrait une suite partielle qui converge vers f non constante, pour laquelle $R = A$. D'autre part f ne prend pas dans le cercle $|x| < R$ les valeurs de F.

2. L'obtention de la borne exacte est liée à *un problème d'uniformisation*. On peut former, d'une infinité de façons, une fonction $t = \chi(z)$, holomorphe dans le cercle $|z| < 1$, dont le domaine des valeurs soit D, et dont la fonction inverse $z = \omega(t)$, linéairement polymorphe, n'ait pas de singularités dans D.

On peut par exemple rendre D simplement connexe au moyen de coupures,

(*) Séance du 20 décembre 1948.

lui superposer des exemplaires identiques reliés suivant les bords des coupures et représenter par $z = \omega(t)$ la surface de recouvrement obtenue sur le cercle $|z| < 1$. $t = \chi(z)$ est une fonction automorphe qui, dans un domaine fondamental, ne prend qu'une fois toute valeur prise.

On peut aussi, dans des cas étendus, utiliser une surface de Riemann, par exemple celle d'une algébroïde entière dont les points de ramification se projettent en des points de F, et définir z comme une fonction linéairement polymorphe sur cette surface, ayant des singularités paraboliques aux points projetés sur un ensemble Φ de points isolés tels que $\Phi + \overline{\Phi} = F$.

$z = \omega(t)$ n'est définie qu'à une homographie près dont nous disposons de manière que pour $t = a_0$, une branche choisie de ω soit nulle. Soit $z = \omega(t;\, F)$ avec $\omega(a_0;\, F) = 0$.

THÉORÈME. — *Si* $f(x) = a_0 + a_1 x + \ldots$ (a_0 *n'appartenant pas à* F; $a_1 \neq 0$) *converge dans un eercle de rayon* R *et n'y prend pas les valeurs de* F, *on a*

$$R \leq \frac{1}{|\omega'(a_0;\, F)|\,|a_1|}.$$

La limite n'est atteinte que si $f(x)$ est de la forme $\chi[e^{i\theta}(x/R)]$.

3. Soit une famille de domaines D_λ dépendant d'un paramètre λ et contenant le point x_0. On peut les représenter conformément sur un cercle de centre O par des fonctions $X = F_\lambda(x)$ de manière que x_0 ait pour homologue $X = 0$ et que $(dX/dx)_{x_0} = 1$. Le rayon R_λ du cercle est une fonction déterminée de λ.

Si $f(x)$, égale au voisinage de x_0 à $a_0 + a_1(x - x_0) + \ldots$ est holomorphe dans D_λ et n'y prend pas les valeurs de F, $f(x)$ devient par la représentation $\varphi(X) = a_0 + a_1 X + \ldots$ qui admet dans le cercle de rayon R_λ les mêmes valeurs exceptionnelles. D'où une inégalité pour R_λ, donc pour λ.

On prendra par exemple pour D_λ un angle de sommet O, d'ouverture 2λ, contenant x_0 sur sa bissectrice.

4. Le théorème de Landau ne s'applique plus dans le cas d'une fonction multiforme. On peut donner un résultat analogue mais *plus restrictif. Soit* $f(x)$ *une algébroïde à m branches dans* $|x| < R$, *dont le domaine des valeurs, projeté sur le plan* x, *n'entoure aucun point de l'ensemble* F.

On a

$$R \leq \frac{m}{\left|\sum_{i=1}^{m} \omega'(a_0^i;\, F)\, a_1^i\right|},$$

a_0^i et a_1^i désignant les valeurs à l'origine des m branches de la fonction et de sa dérivée.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de Poincaré.*
Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Dans son Mémoire *Sur la convergence des séries trigonométriques* (*Bulletin Astronomique*, 1, 1884, p. 319-327), Poincaré a donné, sans démonstration (p. 321-322), la condition nécessaire et suffisante pour qu'une série trigonométrique $\Sigma C_n \sin \alpha_n t$ où $\alpha_n > 0$ et t réel, soit absolument convergente quel que soit t. *Si l'on appelle p les indices pour lesquels α_n est supérieur à un nombre positif λ donné arbitraire, et q les indices pour lesquels $\alpha_n \leq \lambda$, il faut et il suffit que les séries*

(1) $$\Sigma |C_p|, \quad \Sigma |C_q \alpha_q|$$

soient convergentes. Pour démontrer ce théorème, nous allons établir que : *si la série*

(2) $$f(t) = \Sigma |C_n \sin \alpha_n t|$$

converge dans un intervalle, les séries (1) *de Poincaré sont convergentes.* Cette condition nécessaire entraînera la convergence absolue pour tous les t et la convergence uniforme pour t borné puisque

$$\Sigma |C_q \sin \alpha_q t| \leq \Sigma |C_q \alpha_q t|,$$

ce qui prouvera en même temps le premier théorème démontré directement par Poincaré (p. 320-321) : *Si une série*

(3) $$G(t) = \Sigma (B_n \cos \alpha_n t + C_n \sin \alpha_n t)$$

converge absolument dans un intervalle contenant l'origine, elle converge absolument quel que soit t. La méthode utilisée ici doit donc être différente de celle qu'employa Poincaré.

Supposons donc que la série (2) converge sur un segment S, $a \leq t \leq b$, $a > 0$ et déduisons-en d'abord qu'il existe un segment intérieur à S sur lequel $f(t)$ est borné par un nombre fixe. En effet, si $f(t)$ n'est pas borné sur S, il existe un nombre t' de S et un nombre m' pour lesquels la somme $\sigma(m', t')$ des m' premiers termes de la série (2) pour $t = t'$ est supérieure à 11, et à cause de la continuité, il existe un segment S' de S sur lequel $\sigma(m', t) > 10$. Si $f(t)$ n'est pas borné sur S', on obtient de même un segment S'' de S' et un nombre $m'' > m'$ tels que $\sigma(m'', t) > 100$. Si l'on pouvait continuer indéfiniment ce raisonnement, on arriverait à la conclusion absurde que la série (2) divergerait en tout point appartenant à tous les segments successifs formés. Ainsi, il existe un segment (β, γ) de S sur lequel $f(t) < K$, et à fortiori, quel que soit m, $\sigma(m, t) < K$. Il s'ensuit que, quel que soit m,

(4) $$\sum_1^m |C_n| \int_\beta^\gamma |\sin \alpha_n t| \, dt < K(\gamma - \beta).$$

En posant $\alpha_n t = u$, on voit que, si $\alpha_n \geqq \lambda$, l'intégrale figurant dans (4) est supérieure à $\varphi(\lambda)(\gamma - \beta)$; pour les indices p correspondants, la première série (1) converge. Il est loisible de supposer $\gamma\lambda < \pi/2$ [car on peut à loisir transporter de l'une à l'autre série (1) les termes pour lesquels $\lambda' < \alpha_n \leqq \lambda$], alors pour les autres indices q, on a

$$\sum |C_q \sin \alpha_q \gamma| = \sum \left| C_q \frac{\sin \alpha_q \gamma}{\alpha_q \gamma} \alpha_q \gamma \right| > \frac{2\gamma}{\pi} \sum |C_q \alpha_q|,$$

la seconde série (1) converge également.

2. Avec la terminologie actuelle, les séries $G(t)$ de Poincaré du type (3) absolument convergentes quel que soit t rentrent dans une catégorie particulière de fonctions presque périodiques de Bohr et d'intégrales de ces fonctions. Aux pages 323-324 de son Mémoire, Poincaré montre que $G(t) = o(t)$ et en déduit l'expression des coefficients au moyen de la limite pour $t = \infty$ de la moyenne entre o et t de $G(t) \cos \alpha_n t$ et $G(t) \sin \alpha_n t$; il en fait découler l'unicité du développement et le fait que $G(t)$ n'est pas borné si les C_q ne le sont pas. Il apparaît ainsi comme le premier précurseur de la théorie des fonctions presque périodiques [1].

Lorsque $\Sigma |C_q|$ diverge, la fonction $G(t)$ de Poincaré est la somme d'une fonction presque périodique dont la série des coefficients de Fourier converge absolument et d'une série de sinus absolument convergente

$$F(t) = \Sigma C_q \sin \alpha_q t,$$

les α_q, au plus égaux à λ, admettant zéro pour point d'accumulation. $F(t)$ est une fonction entière (de t complexe) de dérivée $F'(t)$. Si la borne supérieure α des α_q est un α_q, on a $\log M(r, F') = \alpha r + O(1)$ et $m(r, F') = 2\alpha r/\pi + O(1)$; les zéros de $F'(t)$ sont dans une bande de largeur finie symétrique par rapport à l'axe réel, leur nombre résulte de l'expression de $m(r, F')$. $F(t)$ a des propriétés voisines, les circonstances possibles pour t réel très grand ont été examinées par Poincaré [2]. Pour une $F(t)$ générale, on peut supposer que α n'est pas un α_q; on a encore $\log M(r, F') < \alpha r + O(1)$, et puisque $F'(t)$ est borné pour t réel on a, d'après un théorème récent de M. Heins [3], $\log M(r, F') \sim kr$, k étant une constante positive.

---

(1) *Voir* aussi Hadamard, *L'Œuvre mathématique de Poincaré* (*Acta Math.*, **38**, 1921, p. 203-287, notamment p. 261-262).

(2) *Comptes rendus*, **101**, 1885, p. 1131-1134; *Œuvres*, **1**, p. 164-166.

(3) *Voir* M. Heins, *On the Denjoy-Carlemann-Ahlfors theorem* (*Annals of Math.*, **49**, 1948, p. 533-537) et *Entire functions with bounded minimum modulus, subharmonic functions analogues* (*Ibid.*, **49**, 1948, p. 200-213).

THÉORIE DES FONCTIONS ANALYTIQUES. — *Sur les indices de ramification de M. Nevanlinna* (1). Note (*) de Mme **Marie-Hélène Schwartz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Si des fonctions holomorphes et univalentes $g(Z)$ appliquent un même domaine de la sphère de Riemann Σ sur des domaines du plan des z, ceux-ci ont des proportions linéaires et superficielles bornées dans leur ensemble. Cette propriété bien connue facilite l'étude des fonctions méromorphes $f(z)$ qui appliquent le plan des z sur les surfaces de recouvrement F de Σ dont les points critiques se projettent en q points $w_1, \ldots, w_q$ de Σ, surfaces pour lesquelles Nevanlinna a défini ses indices de ramifications.

Nous supposerons F engendré par des surfaces d'approche Δ pour lesquelles est réalisée la condition (A) d'Ahlfors $\lim L/S = 0$; nous qualifierons de *négligeable* toute quantité négligeable devant S ou devant le nombre $n(r)$ des points de Δ situés au-dessus d'un point de Σ qui est une valeur régulière pour $f(z)$.

La condition (A) permet de limiter supérieurement le nombre de certains domaines d'univalence à proportions bornées qui coupent le cercle $|z| = r$. Il en résulte : 1° que toute valeur distincte de $w_1, \ldots, w_q$, est régulière (2) (soient P et P′ deux telles valeurs); 2° que le nombre des rameaux du schéma de ramification tracé dans le plan des z qui coupent le cercle $|z| = r$ est négligeable [les points où $f(z) = \mathrm{P}$ ou P' étant pris comme points de ramification, on les joint par des bandes où $f(z)$ couvre un domaine fixe de Σ ne contenant pas les points w]; 3° que si l'on considère des domaines d'univalence d qui correspondent aux demi-feuillets déterminés sur F par une coupure complète au-dessus d'une courbe fermée passant par $w_1, \ldots, w_q$ et séparant P et P′ et le domaine D_r formé par les domaines d dont le point fondamental p ou p' a un module $\leq r$, D_r découpe sur ce cercle un nombre négligeable d'arcs et a une caractéristique d'Euler-Poincaré négligeable ; la formule d'Euler-Poincaré deviendra $c(r) \sim i(r) + 2n(r)$, $c(r)$ et $i(r)$ étant le nombre de côtés et de sommets du pavage de D_r par les domaines d dont le nombre est équivalent à $2n(r)$; $2m$ étant le nombre des domaines d qui aboutissent à un sommet, $\mathrm{V}_{\mathrm{D}_r}$ est la moyenne pour tous les d de D_r de $\Sigma_d(1 - 1/m)$, or

$$\Sigma_{\mathrm{D}_r}\Sigma_d(1 - 1/m) \sim 2c(r) - 2i(r) \sim 4n(r) \qquad \text{donc } \vartheta = \lim \mathrm{V}_{\mathrm{D}_r} = 2$$

Des mêmes considérations il résulte encore : 4° que sur toutes les parties ou

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) *Eindeutige analytische Functionen*, 1936, p. 296-305.

(2) M.-H. Schwartz, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 525-526.

pointes des domaines d qui sortent du cercle $|z|=r$ [soit $\mu_1(r)$ leur nombre], sauf sur un nombre négligeable d'entre elles, $f(z)$ ne recouvre que le demi-voisinage d'un seul point w. Qu'il en est de même pour les $\mu_2(r)$ parties ou *pointes* intérieures à $|z|=r$ des domaines d à point fondamental extérieur à ce cercle. Or $\mu_1(r)-\mu_2(r)=2\Sigma_i[n(r)-n(r, w_i)]$. Groupons les termes qui correspondent à un même sommet dans la somme $\Sigma\Sigma[1-(1/m)]$; ceux qui sont relatifs aux sommets extérieurs à $|z|=r$ ont pour somme $\mu_1(r)$ à une quantité négligeable près; ceux qui sont relatifs aux autres sommets auraient une somme égale, à une quantité négligeable près, à $2\Sigma(m-1)$ double somme totale pour $|z|=r$ des ordres des points critiques, si on leur ajoutait les $\mu_2(r)$ *pointes rentrantes* précédemment considérées. En ajoutant et retranchant $\mu_2(r)$ et en passant à la moyenne, il vient

$$\mathfrak{V}=\lim\left\{\frac{1}{n(r)}\sum_i[n(r)-n(r, w_i)]+\frac{1}{n(r)}\sum(m-1)\right\}=2.$$

L'indice de ramification $\mathfrak{V}$, *qui peut être considéré comme un défaut total transcendant et algébrique est égal à* 2.

La limite inférieure du terme transcendant peut être négative dans le cas où F a des points critiques algébriques dont les ordres tendent assez vite vers l'infini. La limite supérieure du terme algébrique est alors >2.

Définissons maintenant, avec Nevanlinna, l'indice $V=\lim V_D$ la surface d'approche D étant, cette fois, limitée par tous les feuillets d'une même génération. Nous pouvons compléter et simplifier les résultats de Nevanlinna (¹) et de Teichmüller (³) :

On peut avoir $\overline{\lim}\ V>2$ même dans le cas parabolique.

Par exemple pour une surface sans point logarithmique où, pour des feuillets de ν_i générations successives $V=4$ et pour les μ_i générations suivantes $V=2$; μ_i/ν_i et ν_{i+1}/μ_i croissant assez vite.

On peut avoir $V=2$ même dans le cas hyperbolique.

Prenons une surface sans points critiques algébriques, dont les points critiques, tous logarithmiques, sont tous les points situés sur les points $0, 1, \infty$ et telle que son arbre topologique s'obtienne en intercalant sur chaque $i^{\text{ème}}$ rameau de celui de la fonction modulaire des points de ramification (correspondant à $V=2$) en nombre égal à $p=[\log\nu]$; on a alors $V=2$; l'ensemble des p bandes ainsi formées dans le schéma du plan des z est tel que le rapport de sa longueur à son épaisseur soit borné par K^p ou ν^α; un calcul simple montre alors qu'il y a accumulation d'une infinité de points de ramification à distance finie.

(³) TEICHMÜLLER, *Deutsche Math.*, 3, 1938, p. 621-678.

TOPOLOGIE. — *Stabilité des feuilles compactes à groupe de Poincaré fini.* Note (*) de M. **Georges Reeb**, transmise par M. Élie Cartan.

On peut généraliser les résultats énoncés dans une autre Note ([1]) de la façon suivante :

Théorème 1. — *Soit* V_n *une variété feuilletée* ([1]) *pour la dimension q et soit* U (*où* $U \subset V_n$) *un ouvert simplement connexe, vérifiant les conditions* C_1, C_2, C_3 (*dont l'énoncé sera donné plus bas*). *Il existe un ouvert saturé* Ω (*où* $\Omega \cap U \neq \emptyset$) *dont toutes les feuilles sont compactes.*

Remarques. — *a.* La conclusion sera encore valable, si l'on suppose que le groupe Poincaré de U est fini; en effet ce cas se ramène de suite au précédent.

b. Le théorème 1 est bien une généralisation du théorème 2 de ([1]). En effet toute feuille compacte et simplement connexe V_q de V_n admet un voisinage U vérifiant les hypothèses du théorème 1.

c. Si l'ouvert U *vérifie l'hypothèse du théorème 1 pour une certaine structure feuilletée* $\mathcal{F}$, *il vérifie cette hypothèse pour toute structure feuilletée* $\mathcal{F}'$ *assez voisine de la structure* $\mathcal{F}$. C'est par cette dernière remarque que nous entendons justifier notre titre.

d. Pour que la remarque précédente ait un sens, il faut munir *l'ensemble des structures feuilletées sur* U (ou plus exactement sur un voisinage de l'adhérence compacte $\overline{U}$ de U) *d'une topologie* convenable ([2]).

A cet effet, soit $\mathcal{F}$ une structure feuilletée sur un voisinage de $\overline{U}$, définie par un atlas A ([1]) jouissant de la propriété F et formé d'un nombre fini de cartes (f_i, Ω_i). Une structure feuilletée $\mathcal{F}'$ sur un voisinage de $\overline{U}$ sera dite ε-voisine de $\mathcal{F}$ ($\varepsilon > 0$), si elle peut être définie par un atlas A′ (jouissant de la propriété F) formé de cartes (f'_i, Ω'_i) vérifiant les conditions suivantes :

1° $\Omega'_i \subset \Omega_i$. 2° Si $y \in \Omega'_i$ on a $\|f_i(y) - f'_i(y)\| < \varepsilon$.

Appelons ε-voisinage de $\mathcal{F}$ l'ensemble des $\mathcal{F}'$ ε-voisins de $\mathcal{F}$; et définissons l'ensemble des ε-voisinages de $\mathcal{F}$ comme système fondamental de voisinages de $\mathcal{F}$. On vérifie que de cette façon on définit bien une topologie, indépendante des atlas particuliers A utilisés.

Pour énoncer les conditions C_1, C_2, C_3 on suppose donnée la structure feuilletée $\mathcal{F}$ sur un voisinage de $\overline{U}$ par un atlas A dont les cartes (f_i, Ω_i) $(i = 0, \ldots, s)$ vérifient les conditions suivantes :

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) G. Reeb, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1613-1614.

([2]) En particulier si les structures feuilletées $\mathcal{F}$ et $\mathcal{F}'$ sont définies par des champs E_q et E'_q d'éléments de contacts, complètement intégrables et si E'_q est assez voisin de E_q (au sens usuel), alors la structure $\mathcal{F}'$ est assez voisine de $\mathcal{F}$ (relativement à la topologie en question).

1° $f_i(\Omega_i) = P_n$ où P_n est le pavé défini par les inégalités $-1 < x_i < 1$.
2° Il existe une carte (f''_i, Ω'_i) compatible avec l'atlas A, telle que $f'_i(\Omega'_i) = P'_n$ où P'_n se déduit de P_n par une homothétie de pôle O et de rapport 2, la restriction de f''_i à $f_i^{-1}(P'_n)$ étant f_i.

C_1. *Choisissons une fois pour toutes dans chaque Ω_i un élément x_i. Si $\Omega_i \cap \Omega_j \neq \emptyset$ il existe un chemin l_{ij} d'origine x_i et d'extrémité x_j où $l_{ij} \subset U \cap (\Omega_i \cup \Omega_j)$ (et où $l_{ij} = l_{ji}^{-1}$).*

C_2. *Étant donnés 4 ouverts $\Omega_i, \Omega_j, \Omega_k, \Omega_l$ (dont la réunion est connexe), il existe une carte $(f_{ijkl}, \Omega_{ijkl})$ compatible avec l'atlas A, telle que $\Omega_{ijkl} \supset \Omega_i \cup \Omega_j \cup \Omega_k \cup \Omega_l$ et telle que la trace d'une plaque* [3] *de Ω_{ijkl} sur l'un quelconque des ouverts Ω_i, Ω_j, Ω_k, Ω_l soit (si elle est non vide) une seule plaque de cet ouvert.*

Construisons s chemins l_i dans U, le chemin l_i ayant pour origine x_0 et pour extrémité $x_i (i \neq 0)$, et à chaque chemin fermé $\bar{l}_{ij} = l_i, l_{ij}, l_{ij}^{-1}$ associons une déformation $\bar{l}_{\theta ij} (0 < \theta < 1)$ de $\bar{l}_{ij}$ en x_0. On dira qu'un chemin $\gamma(t)$ $(0 < t < 1)$ admet la chaîne $\Omega_{i_1}, \ldots, \Omega_{i_r}$ s'il existe une subdivision de $[0\ 1]$ en intervalles fermés contigus $E_\zeta (\zeta = 1, \ldots, t)$ tels que $\gamma(E_\zeta) \subset \Omega_{i_\zeta}$. Il est facile de montrer :

Lemme I. — *Il existe une famille de chaînes $\Gamma_k (k = 1, \ldots, N)$ et une subdivision de $[0\ 1]$ en intervalles contigus $E_\zeta (\zeta = 1, \ldots, m)$ tels que i, j et ζ, étant donnés, il y ait un entier $k = k(i, j, \zeta)$ tel que $l_{\theta ij}$ (où $\theta \in E_\zeta$) admette la chaîne Γ_k.*

Soit M une borne supérieure des longueurs des chaînes Γ_k. (On appelle longueur de la chaîne $\Omega_{i_1}, \ldots, \Omega_{i_r}$ le nombre r). Or :

Lemme II. — *Soit α une plaque de Ω_0 et Γ une chaîne de longueur $\bar{s} \leq M + 1$ (où $\Gamma = \Omega_0 \Omega_{i_1} \ldots \Omega_{\bar{s}}$) telle qu'il existe $\bar{s}$ plaques $\alpha = \alpha_0 \alpha \ldots \alpha_{2\bar{s}}$ (où α_k est une plaque de Ω_{i_k}) vérifiant $\alpha_r \cap \alpha_{r+1} (r = 0 \ldots \bar{s} - 1)$. La réunion des plaques α est un ouvert ω_0 (où $\omega_0 \subset \Omega_0$).*

La dernière condition imposée à U est :

C_3. *L'ouvert ω_0 est non vide.*

La démonstration du théorème I est à peu près immédiate en faisant usage du lemme I.

Au chemin l_i associons une chaîne $\Omega_0 \ldots \Omega_{i_p} \ldots \Omega_i$ et une suite de plaques $\alpha_0 \ldots \alpha_q \ldots \alpha_i$ des ouverts de cette chaîne, avec $\alpha \subset \omega_0$, deux plaques consécutives de cette suite ayant une intersection non vide. Le lemme I entraîne que si $\Omega_i \cap \Omega_j \neq \emptyset$ on a $\alpha_i \cap \alpha_j \neq \emptyset$. D'où l'on déduit que $\cup_i \alpha_i$ est connexe et compacte, et coïncide donc avec une feuille. Ce qui montre de plus que toute feuille de Ω a pour intersection avec Ω_i une seule plaque α.

---

(3) Dans la Note (1) j'ai désigné par élément ce que j'appelle ici plaque. Une plaque de Ω_i est l'image réciproque par f_i d'une composante connexe de la trace sur $f_i(\Omega_i)$ d'une variété plane $x^r = \text{const} (r = 1 \ldots n - q)$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certains couples de surfaces dont les tangentes asymptotiques se coupent inversement.* Note de M. **Fernand Backes**, présentée par M. Paul Montel.

1. Supposons que deux surfaces (P_1), (P_2) se correspondent avec conservation des lignes asymptotiques; désignons par u, v les paramètres de ces lignes et supposons de plus que les réseaux $(P_1)_{uv}$, $(P_2)_{uv}$ se coupent inversement. Soient P_3, P_4 les points d'intersection des tangentes aux courbes $(P_1)_u$, $(P_2)_v$ et $(P_1)_v$, $(P_2)_u$ et rapportons la figure au tétraèdre mobile $P_1P_2P_3P_4$. Les rotations a_{ik}, u variant seul, et b_{ik}, v variant seul, sont liées par les relations

$$(1)\qquad \frac{\partial a_{ik}}{\partial v}-\frac{\partial b_{ik}}{\partial u}=\sum_j(a_{ij}b_{jk}-b_{ij}a_{jk}),\qquad \sum a_{ii}=\sum b_{ii}=0.$$

En se servant des formules de Demoulin donnant, pour un point de coordonnées x_i, les expressions des quantités $\partial^p x_i/\partial u^p$, $\partial^q x_i/\partial v^q$, $\partial^{p+q}x_i/\partial u^p\partial v^q$, l'hypothèse faite au début est traduite par le groupe suivant des rotations nulles :

$$(2)\qquad a_{12}=a_{21}=a_{23}=a_{32}=a_{14}=a_{41}=b_{12}=b_{21}=b_{13}=b_{31}=b_{24}=b_{42}=0;$$

celles-ci permettent de montrer que les plans focaux de la droite P_1P_2 passent par les points focaux de la droite P_3P_4 et que la droite P_1P_2 porte une infinité de points décrivant des surfaces dont les plans tangents passent par P_3P_4. De plus, les développables se correspondent dans les congruences (P_1P_2), (P_3P_4); leur équation différentielle est

$$(3)\qquad a_{24}a_{42}\,du^2=b_{23}b_{32}\,dv^2.$$

2. La formule de Cech, relative à l'élément linéaire projectif $d\Phi$ et mise en harmonie avec les notations de la théorie du tétraèdre mobile, savoir

$$\left| x_i\quad \frac{\partial x_i}{\partial u}\quad \frac{\partial x_i}{\partial v}\quad \frac{\partial^3 x_i}{\partial u^3}du^3+\frac{\partial^3 x_i}{\partial v^3}dv^3-2\frac{\partial^2 x_i}{\partial u\,\partial v}du\,dv\,d\Phi\right|=0,$$

permet de calculer les éléments $d\Phi_1$, $d\Phi_2$ des surfaces (P_1), (P_2); on trouve, en tenant compte de (2),

$$d\Phi_1=\frac{a_{24}a_{43}a_{31}\,du^3+b_{23}b_{34}b_{41}\,dv^3}{2a_{24}b_{41}\,du\,dv},\qquad d\Phi_2=\frac{a_{13}a_{34}a_{42}\,du^3+b_{14}b_{43}b_{32}\,dv^3}{2a_{13}b_{32}\,du\,dv},$$

d'où il résulte que lesdites surfaces seront projectivement applicables si l'on a les égalités

$$(4)\qquad a_{43}a_{31}b_{32}=a_{34}a_{42}b_{41},\qquad a_{13}b_{23}b_{34}=a_{24}b_{14}b_{43}.$$

3. Indépendamment de ce qui a été dit au numéro 2, cherchons les conditions pour que la droite P_1P_2 engendre une congruence W_{uv}, rappelant par

ces indices que u, v doivent être les paramètres des asymptotiques des nappes focales. Il suffira, à cet effet, d'exprimer que les coordonnées de la droite P_1P_2 sont solutions d'une équation de Laplace. L'emploi des formules de Demoulin, relatives aux variations des coordonnées radiales d'une droite, conduit aux conditions

$$(5)\qquad a_{34}a_{42}b_{41} = a_{43}a_{31}b_{32}, \qquad a_{42}b_{41}b_{34} = a_{31}b_{32}b_{43}.$$

4. Si, indépendamment des numéros 2 et 3, on cherche les conditions pour que la droite P_3P_4 engendre une congruence W_{uv}, on obtient pareillement les relations

$$(6)\qquad a_{41}a_{24}b_{14} = a_{34}a_{13}b_{23}, \qquad a_{13}b_{23}b_{34} = a_{24}b_{14}b_{43}.$$

5. Or, les formules (1) dans lesquelles on fait notamment $i=1$, $k=2$, puis $i=2$, $k=1$, fournissent les égalités

$$a_{24}b_{41} = b_{23}a_{31}, \qquad a_{13}b_{32} = b_{14}a_{42};$$

celles-ci prouvent que les conditions (4), (5) et (6) sont équivalentes, ce qui permet d'énoncer le théorème suivant :

Si deux réseaux $(P_1)_{uv}$, $(P_2)_{uv}$, *formés d'asymptotiques, se coupent inversement, il se peut ;* 1° *que les surfaces* (P_1), (P_2) *soient projectivement applicables;* 2° *que la droite* P_1P_2 *engendre une congruence* W_{uv}*;* 3° *que la droite d'intersection des plans tangents en* P_1 *et en* P_2 *engendre une congruence* W_{uv}. *Si les réseaux envisagés jouissent de l'une quelconque de ces trois propriétés, ils jouiront aussi des deux autres.*

6. Dans sa théorie du tétraèdre mobile, Demoulin a démontré que si vingt-quatre fonctions a_{ik}, b_{ik} de u et v satisfont à (1), il existe un tétraèdre, défini à une transformation homographique près, dont ces fonctions sont les rotations. D'après cela, la figure invoquée au numéro 5 existera si l'on peut définir, compte tenu de (2), des fonctions a_{ik}, b_{ik} satisfaisant à (1) et à (4).

Comme $a_{24}.a_{42}$ est nécessairement une fonction de u seul et que $b_{23}.b_{32}$ est une fonction de v, on voit que l'équation (3) peut être ramenée à la forme $du^2 = dv^2$. Ceci permet de simplifier les calculs et l'on montre qu'il existe vraiment un tétraèdre mobile jouissant des propriétés indiquées. Il se peut même que les surfaces (P_1), (P_2) soient des quadriques, auquel cas l'élément linéaire projectif est identiquement nul. Si les deux quadriques coïncident, on est ramené à un théorème que nous avons publié dans une Note antérieure [1].

7. Les paramètres α, β des développables de la congruence (P_1P_2) étant de la forme $u+v$, $u-v$, les réseaux focaux sont isothermo-conjugués; dès lors, en vertu d'un théorème dû à Demoulin [2], la congruence est R. Il en est

---

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1239.
[2] *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 590.

de même de la congruence (P_3P_4). Ajoutons encore que les réseaux $(P_1)_{\alpha3}$, $(P_2)_{\alpha3}$ sont isothermo-conjugués; ils se correspondent dans la transformation de Kœnigs et sont à invariants ponctuels égaux ainsi qu'à invariants tangentiels égaux. De plus, ils sont R.

MÉCANIQUE. — *Remarque sur la stabilité.*

Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que le problème de la stabilité d'un système se ramène à définir les conditions que doivent satisfaire les coefficients, réels, d'une équation algébrique de degré n pour que cette dernière ne possède pas de racines à partie réelle positive; de telles conditions ont été énoncées par Routh et par Hurwitz. Dans certaines études, le premier membre peut se présenter sous la forme d'un déterminant et l'équation s'écrire

$$(1)\qquad \begin{vmatrix} a_1^1+z & a_1^2 & \dots & a_1^n \\ a_2^1 & a_2^2+z & \dots & a_2^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n^1 & a_n^2 & \dots & a_n^n+z \end{vmatrix} = 0,$$

les élément a_i étant réels.

Nous nous proposons dans cette Note de donner des conditions suffisantes pour que l'équation (1) n'ait pas de racines à partie réelle positive, sans qu'il soit nécessaire de développer le déterminant.

Considérons le déterminant d'ordre n, à éléments réels ou complexes,

$$(2)\qquad \| \alpha_i^j \|$$

M. J. Hadamard a montré ([1]) que si les éléments diagonaux sont tels que soient satisfaites les inégalités

$$(3)\qquad |\alpha_i^i| - \sum_{k \neq i} |\alpha_i^k| > 0 \qquad (i = 1, 2, \dots, n),$$

le déterminant (2) ne peut être nul.

Supposons alors que les éléments de (1) quand on y fait $z = 0$, satisfassent aux inégalités (3) et que de plus les éléments diagonaux a_i^i soient tous *positifs* [ce qui implique que la valeur de ce déterminant soit toujours positive ([2])]; nous allons montrer que dans ces conditions l'équation (1) ne peut avoir de racines à partie réelle positive.

([1]) *Leçons sur la propagation des ondes*, Paris, 1903, p. 13-14; *voir* aussi A. Ostrowski, *Bull. Sciences math.*, 61, 1937, p. 19.

([2]) *Voir*, par exemple, M. Parodi, *Introduction à l'étude des réseaux électriques*, Paris, 1948, p. 7-8.

Soit en effet $z = x + iy$ une telle racine (x, y réels, $x > 0$), on aurait

$$(4)\qquad \begin{vmatrix} a_1^1 + x + iy & a_1^2 & \dots & a_1^n \\ \dots\dots\dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n^1 & a_n^2 & \dots & a_n^n + x + iy \end{vmatrix} = 0.$$

Or, le module des termes diagonaux s'écrit

$$\sqrt{(a_i^i - x)^2 + y^2} \qquad (i = 1, 2, \dots, n),$$

et, avec nos hypothèses, il est supérieur à celui de a_i^i; les conditions de M. Hadamard se trouvent encore vérifiées et la relation (4) est impossible.

Ainsi les conditions suffisantes pour que l'équation (1) ne puisse avoir de racines à partie réelle positive sont

$$a_i^i > 0, \qquad a_i^i > \sum_{k \neq i} |a_i^k|, \qquad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Remarque. — Notons, en passant, que dans le cas où les éléments a_i^j du déterminant qui figurent dans l'équation (1) sont complexes, une méthode calquée sur la précédente permet de déterminer les régions du plan de la variable z où peuvent se trouver les racines de l'équation proposée.

On peut en déduire les relations que doivent satisfaire les éléments a_i^j pour que les racines de (1) soient supérieures, en module, à un nombre donné.

DYNAMIQUE DES MASSES VARIABLES. — *Sur les équations du mouvement d'un solide de masse variable.* Note de M. **Victor Vâlcovici**, présentée par M. Jean Chazy.

Soit M la masse (variable) d'un solide, susceptible d'être augmentée par l'adjonction ou diminuée par le détachement de corpuscules de masses élémentaires m'; soit $\mathfrak{T}_1(F) = (\mathcal{R}_1, \mathfrak{M}_1)$ le torseur au point fixe O_1 des forces extérieures appliquées à ce solide. Nous supposons que les forces extérieures agissant sur les corpuscules m' sont nulles.

En appliquant le théorème du torseur à l'intervalle de temps t, $t + dt$, nous avons l'égalité

$$(1)\qquad d_1\mathfrak{T}_1(H_1) + d_1\mathfrak{T}_1(H'_1) = \mathfrak{T}(F)\,dt,$$

où H_1 et H'_1 désignent les impulsions élémentaires mv_1, $m'v'_1$ d'un point de masse m du solide et d'un corpuscule de masse m', où v_1 et v'_1 désignent les vitesses correspondantes par rapport à un trièdre fixe T_1 d'origine O_1, et d_1 les variations élémentaires par rapport au même trièdre.

En développant l'équation (1), on obtient les théorèmes de l'impulsion et des moments

$$(2)\qquad \Sigma m\, d_1 v_1 \mp \Sigma m' v_r = \mathcal{R}_1\, dt,$$

$$(3)\qquad \Sigma r_1 \times m\, d_1 v_1 \mp \Sigma r_1 \times m' v_r = \mathfrak{M}_1\, dt,$$

où nous avons désigné par v_r la vitesse relative de la masse m' d'un corpuscule capté par le solide ou détaché de lui pendant l'intervalle dt, et par r_1 le vecteur de position de la masse élémentaire m du solide par rapport au trièdre T_1. On prendra les signes supérieurs en cas d'adjonction, et les signes inférieurs en cas de détachement des corpuscules.

Soient T, ou $Oxyz$, un trièdre invariablement lié au solide de masse M, v_0 la vitesse de O, a_0 son accélération par rapport à T_1, ω la rotation instantanée en O de T, ρ le vecteur de position du centre de la masse M par rapport à T. Les équations (2) et (3) prennent les formes

$$(2') \qquad M[a_0 + \dot{\omega} \times \rho + \omega \times (\omega \times \rho)]\,dt \mp \Sigma m' v_r = \mathcal{R}\,dt$$

et

$$(3') \qquad [M\rho \times a_0 + \tau\dot{\omega} + \omega \times (\tau\omega)]\,dt \mp \Sigma r \times m' v_r = \mathfrak{M}\,dt,$$

où nous avons désigné par τ le tenseur d'inertie du solide en O, et où ($\mathcal{R}$, $\mathfrak{M}$) signifie le torseur en O des forces extérieures appliquées au solide. Les équations (2′) et (3′) conviennent tant au cas de l'adjonction qu'au cas du détachement des corpuscules.

Si l'on peut poser $\pm \Sigma m' v_r = dM\,V_r$, V_r étant la vitesse du centre des masses m', ce qui arrive dans le cas de la fusée, le double signe disparaît dans l'équation (2′). En particulier, on aura pour les équations du mouvement de la fusée

$$(4) \qquad M[a_0 + \dot{\omega} \times \rho + \omega \times (\omega \times \rho)] - \dot{M}V_r = \mathcal{R},$$

$$(5) \qquad M\rho \times a_0 + \tau\dot{\omega} + \omega \times (\tau\omega) - \dot{M}\rho' V_r = \mathfrak{M},$$

ρ' étant le vecteur de position du centre des masses m' expulsées pendant l'intervalle dt. Les inconnues du problème direct seront les deux vecteurs a_0 et ω, soient six paramètres scalaires.

Si l'on suppose que le solide se réduit à un seul point matériel de masse variable M, l'équation (2′) prend la forme simplifiée

$$(2'') \qquad M a_0\,dt \mp \Sigma m' v_r = \mathcal{R}\,dt,$$

qui est connue (¹). On en déduit, dans le cas particulier considéré par M. Lampariello, et en adoptant ses notations, l'équation

$$\frac{d^2}{dt^2}(\overline{O_1P}) + \frac{\mu}{m}\overline{V}_r = -\frac{K}{r_1^3}\overline{O_1P},$$

qui coïncide avec l'équation de M. Lampariello.

(¹) *Voir* notamment G. Hamel, *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 7, 1927, p. 451; et T. Levi-Civita, *Atti della R. Accademia dei Lincei*, 11, 1930, p. 626-623. *Voir* aussi R. Genty, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1510 et 1797; G. Lampariello, *id.*, 227, 1948, p. 35; C. Popovici, *id.*, 227, 1948, p. 330. A. Kosmodemiansky, dans les *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 53, 1946, p. 17, attribue la forme simplifiée (2″) à Mechtchersky, 1897.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la détermination des tensions dans une membrane dépourvue de raideur.* Note (*) de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

I. Soit une membrane élastique d'épaisseur ε négligeable vis-à-vis des autres dimensions, et sans raideur : les efforts nécessaires pour la déformer, sans variation de longueur des arcs tracés sur elle, sont négligés. Un point M de cette surface est défini par deux paramètres α et β, et nous employons les notations de Gauss.

Considérons une coupure définie par

$$dM = M'_\alpha\, d\alpha + M'_\beta\, d\beta ;$$

en l'orientant convenablement, on doit appliquer la tension

$$T\, ds = A\, d\alpha + B\, d\beta,$$

pour maintenir en place l'un des deux bords convenablement choisi : A et B sont deux vecteurs indépendants de la direction de la coupure au point M. Les conditions d'équilibre d'une portion quelconque de la surface conduisent à introduire trois fonctions a, b, c telles que l'on ait

$$(1)\qquad A = bM'_\alpha - aM'_\beta, \qquad B = cM'_\alpha - bM'_\beta.$$

Ces trois fonctions satisfont au système d'équations

$$(2)\qquad \begin{cases} H\mathcal{F}\,M'_\alpha + (Ec - Fb)'_\alpha - (Eb - Fa)'_\beta - \frac{1}{2}(aG'_\alpha - 2bF'_\alpha + cE'_\alpha) = 0, \\ H\mathcal{F}\,M'_\beta + (Fc - Gb)'_\alpha - (Fb - Ga)'_\beta - \frac{1}{2}(aG'_\beta - 2bF'_\beta + cE'_\beta) = 0, \\ H\mathcal{F}\,N \;+ D''a - 2D'b + Dc = 0, \end{cases}$$

où $\mathcal{F}\,dS$ désigne la résultante des actions extérieures sur l'élément d'aire dS. On montre que la tension normale a pour valeur

$$T_n = H\frac{a\, d\alpha^2 + 2b\, d\alpha\, d\beta + c\, d\beta^2}{E\, d\alpha^2 + 2F\, d\alpha\, d\beta + G\, d\beta^2},$$

et que les tensions principales en M, T_1 et T_2, sont données par les équations

$$T_1T_2 = ac - b^2, \qquad T_1 + T_2 = \frac{Ga - 2Fb + Ec}{H}.$$

II. Par suite de l'application de la force $\mathcal{F}$, le point M vient en P, tel que

$$MP = uM'_\alpha + vM'_\beta + wN.$$

(*) Séance du 20 décembre 1948.

La distance de PP′, transformé de MM′, a pour carré

$$ds_1^2 = ds^2 + 2(e\,d\alpha^2 + 2f\,d\alpha\,d\beta + g\,d\beta^2),$$

avec

$$(3)\quad \begin{cases} e = \mathrm{E}\,u'_\alpha + \mathrm{F}\,v'_\alpha + \frac{1}{2}u\,\mathrm{E}'_\alpha + \frac{1}{2}v\,\mathrm{E}'_\beta - w\mathrm{D}, \\ 2f = \mathrm{E}\,u'_\beta + \mathrm{F}(u'_\alpha + v'_\beta) + \mathrm{G}\,v'_\alpha + u\,\mathrm{F}'_\alpha + v\,\mathrm{F}'_\beta - 2w\mathrm{D}', \\ g = \mathrm{F}\,u'_\beta + \mathrm{G}\,v'_\beta + \frac{1}{2}u\,\mathrm{G}'_\alpha + \frac{1}{2}v\,\mathrm{G}'_\beta - w\mathrm{D}''. \end{cases}$$

On déduit de ces formules la valeur de la dilatation, c'est-à-dire l'accroissement unitaire de l'aire :

$$\theta = u'_\alpha + v'_\beta + \frac{u\,\mathrm{H}'_\alpha + v\,\mathrm{H}'_\beta}{\mathrm{H}} - w\,\frac{\mathrm{GD} - 2\,\mathrm{FD}' + \mathrm{ED}''}{\mathrm{H}^2}.$$

III. Pour trouver les relations entre les tensions et les déformations, nous écrivons, avec Lamé, qu'une tension maximum et une déformation maximum correspondent à la même direction $d\beta/d\alpha$. Comme la tension maximum s'identifie avec la tension normale, et que l'accroissement unitaire de longueur est

$$\frac{e\,d\alpha^2 + 2f\,d\alpha\,d\beta + g\,d\beta^2}{\mathrm{E}\,d\alpha^2 + 2\,\mathrm{F}\,d\alpha\,d\beta + \mathrm{G}\,d\beta^2},$$

il existe deux fonctions de α, β, soient ρ et σ, telles que l'on a

$$a = \rho e + \sigma\mathrm{E}, \qquad b = \rho f + \sigma\mathrm{F}, \qquad c = \rho g + \sigma\mathrm{G}.$$

Comparant les grandeurs relatives de e et E, et remarquant que la somme des tensions normales peut s'écrire

$$\mathrm{T}_1 + \mathrm{T}_2 = \frac{\mathrm{G}a - 2\,\mathrm{F}b + \mathrm{E}c}{\mathrm{H}} = 2(\lambda + \mu)\varepsilon\theta,$$

où λ et μ sont les coefficients de Lamé de la matière de la membrane, on est conduit à poser

$$\sigma = \theta\sigma' \qquad \text{et} \qquad \rho = \frac{2\mu\varepsilon}{\mathrm{H}}, \qquad \sigma' = \frac{\lambda\varepsilon}{\mathrm{H}},$$

d'où, entre les tensions et les déformations, les relations

$$(4)\quad \begin{cases} a = \frac{\varepsilon}{\mathrm{H}}(\lambda\mathrm{E}\theta + 2\mu e), \\ b = \frac{\varepsilon}{\mathrm{H}}(\lambda\mathrm{F}\theta + 2\mu f), \\ c = \frac{\varepsilon}{\mathrm{H}}(\lambda\mathrm{G}\theta + 2\mu g). \end{cases}$$

Les relations (2), (3), (4) permettent, avec les conditions aux frontières, de

déterminer les fonctions a, b, c, puis ultérieurement, grâce aux formules (1), le système des tensions intérieures.

Bien entendu, les relations (1), (4) se réduisent aux relations habituelles quand il s'agit d'une plaque plane en coordonnées rectangulaires.

AÉRODYNAMIQUE. — *Étude des régimes transitoires en aérodynamique supersonique à deux dimensions.* Note de M. **Charles Roumieu**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit xoy deux axes de coordonnées fixes par rapport à l'atmosphère. Un profil possède un mouvement de translation rectiligne uniforme parallèle à ox. A partir de l'instant $t=0$, ce mouvement est perturbé de façon quelconque (le profil peut même se déformer). Nous nous proposons de calculer le potentiel de perturbation $\varphi(x, y, z, t)$ pour $t>0$. Nous supposerons essentiellement que les hypothèses de linéarisation sont satisfaites. $\varphi(x, y, z, t)$ satisfait alors à l'équation

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}-\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}=0 \tag{1}$$

(la vitesse du son est prise comme unité) $\varphi(x, y, z, t)$ vérifie en outre les conditions initiales

$$\varphi=\frac{\partial\varphi}{\partial t}=0. \tag{2}$$

Soit M (nombre de Mach), la vitesse du mouvement de translation, $-\mathrm{M}t$ l'abscisse du bord d'attaque et $1-\mathrm{M}t$ celle du bord de fuite (la longueur du profil est prise pour unité). Pour représenter commodément l'évolution du phénomène au cours du temps, nous utiliserons un espace tridimensionnel $oxyt$. Soit S la portion du plan xot formée par l'ensemble des positions successives du profil à partir de l'époque $t=0$; S est défini par

$$-\mathrm{M}t<x<1-\mathrm{M}t, \qquad t>0, \qquad y=0. \tag{3}$$

La valeur de $\partial\varphi/\partial y$ sur le profil est donnée à chaque instant par la forme et le mouvement de celui-ci. D'où les conditions aux limites suivantes :

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y}=w_1(x, t), \quad y=+0, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial y}=w_2(x, t), \quad y=-0 \qquad (xt \text{ dans S}). \tag{4}$$

La fonction $\varphi(x, y, z, t)$ est régulière dans tout l'espace, sauf sur S; φ et ses dérivées premières pourront prendre des valeurs différentes de part et d'autre de S.

2. P étant un point de coordonnées X, Y, T ($\mathrm{T}>0$), nous désignerons par Γ_P la nappe du cône caractéristique d'équation

$$\mathrm{T}-t=\sqrt{(\mathrm{X}-x)^2+(\mathrm{Y}-y)^2}. \tag{5}$$

Considérons la région K de l'espace formée par l'ensemble des points P tel que le cône Γ_P contienne à son intérieur une partie de S. Soit Q un point extérieur à K. Il résulte de la régularité de φ à l'intérieur de Γ_Q et des conditions (2) que φ est nul en Q.

Soit maintenant un point P intérieur à K et situé sur la surface S, par exemple du côté $y > 0$. Soit h la région découpée dans le plan $y = +0$ par la partie de Γ_P intérieure à K. La valeur $u_1(X, T)$ de φ au point P $(X, +0, T)$ est donnée par l'équation

$$u_1(X, T) = -\frac{1}{\pi}\iint_h \frac{w_1(x, t)\,dx\,dt}{\sqrt{(T-t)^2-(X-x)^2}} \tag{6}$$

en fonction des valeurs $w_1(x, t)$ prises par $\partial\varphi/\partial y$ sur le domaine h.

Naturellement, il existe une équation analogue entre les valeurs u_2 et w_2 de φ et de $\partial\varphi/\partial y$ sur le plan $y = -0$.

Dans le cas supersonique $(M > 1)$, on constate que P, étant un point de S, le domaine h est lui-même tout entier à l'intérieur de S. Il en résulte que w_1 et w_2 sont connus dans tout le domaine h, grâce aux conditions (3). L'équation (6) fournit alors la solution explicite du problème. On voit, de plus, que la valeur de u_1 se calcule en fonction de w_1, indépendamment de w_2, et inversement, c'est-à-dire que l'extrados et l'intrados du profil sont indépendants.

On peut, au lieu d'utiliser l'équation (6) pour résoudre le cas général, commencer par résoudre le problème élémentaire correspondant à w_1 et w_2 constants et passer ensuite au cas général par composition de solutions élémentaires. Voici le résultat obtenu dans le cas particulier du profil indéformable, le mouvement étant défini par la composante normale $m(t)$ de la vitesse au bord d'attaque et par la rotation instantanée $\omega(t)$; on pose $\xi = x + Mt$ de façon que le profil soit défini par $0 < \xi < 1$.

Les termes transitoires C_z et C_m des coefficients de portance et de moment sont donnés par des formules de la forme suivante :

$$C_z = \int_0^t k_1(t-\tau)\,dm(\tau) + \int_0^t k_2(t-\tau)\,d\omega(\tau), \tag{7}$$

$$C_z = \int_0^t k_3(t-\tau)\,dm(\tau) + \int_0^t k_4(t-\tau)\,d\omega(\tau). \tag{8}$$

Ces intégrales doivent être prises au sens de Stieljes. Les fonctions $k_1(t)$, $k_2(t)$, $k_3(t)$, $k_4(t)$ sont des combinaisons aisément calculables de fonctions élémentaires. Le nombre de Mach M y figure seul comme paramètre.

Lorsqu'on suppose que le mouvement est oscillant, c'est-à-dire lorsqu'on remplace $m(t)$ et $\omega(t)$ par des fonctions circulaires, on retrouve facilement les formules connues de Possio.

CARTOGRAPHIE. — *Sur l'utilisation de la projection conique conforme d'exposant 2 pour la résolution graphique des triangles sphériques.* Note (*) de M. **André Gougenheim**, présentée par M. Donatien Cot.

1. Lorsqu'on ne recherche pas une grande précision dans la résolution des triangles sphériques, il peut être avantageux de recourir à une méthode graphique. Des solutions nombreuses et variées ont été déjà imaginées à cet effet. Nous nous proposons de montrer que la projection conique conforme d'exposant 2 permet d'arriver rapidement à la résolution complète des triangles par une méthode exigeant seulement une construction géométrique simple sur un canevas curviligne constitué par les transformées de deux réseaux de lignes coordonnées de la sphère.

2. En premier lieu, elle jouit de la propriété suivante, qu'elle partage avec toutes les projections coniques, en comprenant notamment sous cette dénomination générale les projections cylindriques et centrales : deux points de la représentation, symétriques par rapport à une droite passant par le point central, représentent deux points de la sphère, symétriques par rapport au grand cercle représenté par la droite considérée.

Cette propriété, qui a déjà été utilisée implicitement dans le cas des projections gnomonique et stéréographique méridienne, n'a été jusqu'à présent ni formulée, ni indiquée dans sa généralité. Elle fournit un mode de résolution graphique particulièrement intéressant avec la projection zénithale équidistante.

3. Soient d'autre part $\mathcal{L}$ et M les coordonnées isométriques d'un point de la sphère, y et x les coordonnées rectangulaires de son image plane; posons en outre $Z = \mathcal{L} + iM$, $z = y + ix$. L'équation de la projection considérée $z = e^{-2Z}$ se déduit de celle de la projection stéréographique polaire $z = e^{-Z}$ par doublement de la quantité complexe Z. Or, nous avons montré (*Revue hydrographique*, août 1944) qu'à tout segment capable sphérique de base équatoriale on peut faire correspondre un petit cercle de la sphère par doublement des coordonnées isométriques. Le petit cercle étant représenté en projection stéréographique par une circonférence, le remplacement de Z par 2Z dans les formules de cette projection fournit des systèmes représentant les segments capables de base équatoriale par des circonférences qui coupent l'image de l'équateur sous un angle égal à celui dont le segment est capable.

4. Pour appliquer ces propriétés à la résolution d'un triangle sphérique ABC, prenons pour pivot de la représentation un pôle R du grand cercle AB et considérons C′ symétrique de C par rapport au plan médiateur de AB. En désignant les images des points par les lettres grecques correspondantes, nous voyons (*fig.* 1) que les grands cercles AB et RM sont représentés respecti-

(*) Séance du 20 décembre 1948.

vement par la circonférence de centre ρ et de rayon 1 et par la droite $\rho\mu$, que les points α et β, γ et γ' sont symétriques par rapport à $\rho\mu$, que la circonférence de centre ω passant par ces 4 points représente le segment capable sphérique de l'angle C décrit sur AB, que $\widehat{\omega\alpha\rho} = C$ et qu'enfin $\widehat{\lambda\rho\alpha} = \pi - 2C$. De plus, si l'on a pu placer α, μ et γ à l'aide des données, il est facile de construire γ' et λ.

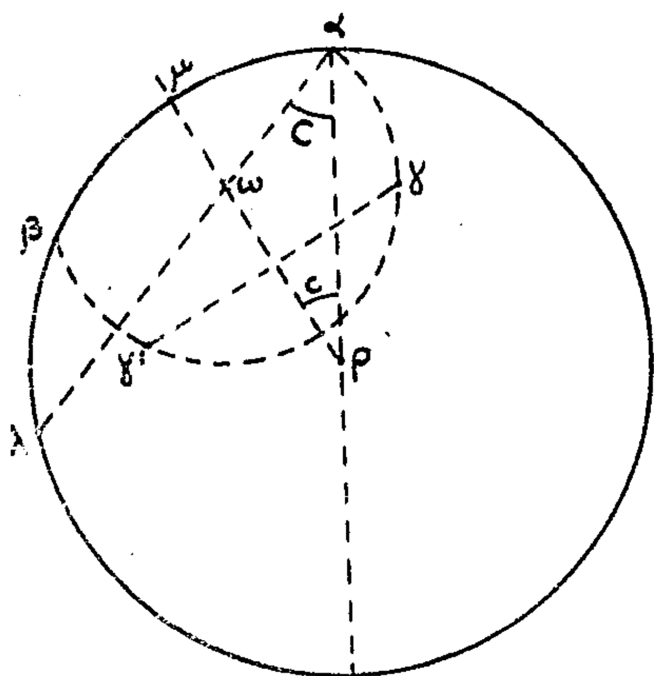
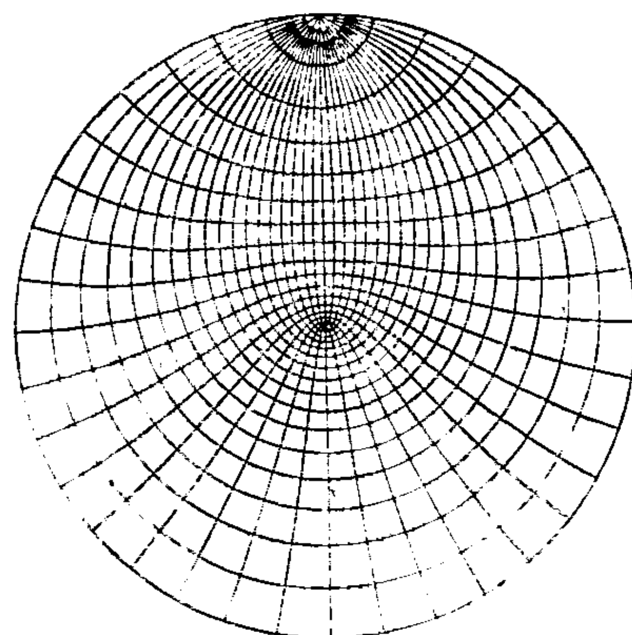


Fig. 1.


Fig. 2. — (Courbes espacées de 5° en 5°).

5. Supposons que l'on ait préalablement tracé sur le graphique les transformées des grands cercles passant par A et des petits cercles qui leur sont orthogonaux, les uns et les autres espacés de degré en degré par exemple, on aura pu constituer (*fig.* 2) un canevas de courbes que l'on aura pu coter, les unes suivant les valeurs de l'angle A du triangle sphérique, les autres suivant celles du côté b. Le point γ est à l'intersection des courbes tracées, ou interpolées, de cotes A et b, le point μ a pour cotes o et $c/2$. En raison de la symétrie de C et C' par rapport au plan médiateur de AB, γ' a pour cotes B et a; en outre, d'après la valeur trouvée plus haut pour $\widehat{\lambda\rho\alpha}$, les cotes de λ sont o et $\pi/2 - C$. Donc, en relevant les cotes de γ' et λ, on obtient les valeurs des éléments inconnus a, B et C. On peut traiter de façon analogue les autres cas de résolution des triangles sphériques; cependant, une méthode de tâtonnement est nécessaire lorsque les trois côtés ou les trois angles sont donnés.

6. Pour les applications à la navigation astronomique ou orthodromique, on place le pôle en A de manière que le canevas représente les méridiens, ou les cercles horaires, et les parallèles, de latitude ou de déclinaison; il est alors défini par la relation

$$z = \text{th}^2 \frac{1}{2}\left[\mathcal{L} + i\left(M - \frac{\pi}{2}\right)\right].$$

La projection fait correspondre un même point du plan à deux points de la sphère symétriques par rapport à R, mais cela n'entraîne pas une gêne sensible pour l'utilisation. Par contre, elle offre l'inconvénient d'avoir une échelle nulle

au point central, de sorte que son emploi laisse à désirer au voisinage de ce point singulier. Enfin, la facilité avec laquelle elle permet le tracé des lignes d'égal azimut est très intéressante pour la navigation radiogoniométrique.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'oscillateur de van der Pol.* Note (*) de M. NICOLAS MINORSKY, présentée par M. Louis de Broglie.

Par analogie avec l'équation différentielle $\ddot{x} + x = 0$ de l'oscillateur harmonique, on peut considérer l'équation

$$\text{(A)} \qquad \ddot{x} - \varepsilon(1 - x^2)\dot{x} + x = 0$$

comme définissant un certain oscillateur non linéaire que nous appellerons *l'oscillateur de van der Pol* (pour abréger : VDP).

En introduisant comme variable dépendante $\rho = r^2 = x^2 + \dot{x}^2$, l'énergie de l'oscillateur (à un facteur constant près), on obtient pour l'oscillateur harmonique les relations

$$\text{(B)} \qquad \frac{d\rho}{dt} = \dot{\rho} = 0; \qquad \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta} = -1; \qquad \frac{d\rho}{d\theta} = 0,$$

et pour l'oscillateur VDP les relations analogues

$$\text{(C)} \qquad \left\{ \begin{array}{l} \dot{\rho} = 2\varepsilon(1 - \rho\cos^2\theta)\rho\sin^2\theta; \qquad \dot{\theta} = -1 + \varepsilon(1 - \rho\cos^2\theta)\sin\theta\cos\theta, \\ \dfrac{d\rho}{d\theta} = \dfrac{[2\varepsilon(1 - \rho\cos^2\theta)\rho\sin^2\theta]}{[-1 + \varepsilon(1 - \rho\cos^2\theta)\sin\theta\cos\theta]}. \end{array} \right.$$

Développons le second membre de la dernière équation en série. On a

$$\text{(D)} \qquad \frac{d\rho}{d\theta} = -2\rho[\varepsilon(1 - \rho\cos^2\theta)\sin^2\theta + \varepsilon^2(1 - \rho\cos^2\theta)^2\sin^3\theta\cos\theta + \ldots].$$

En posant $\rho = \rho_0 + \varepsilon\rho_1 + \varepsilon^2\rho_2 + \ldots$ et en égalant les termes du même degré en ε, on obtient une série d'équations différentielles dont l'intégration détermine ρ_0, $\rho_1(\theta)$, $\rho_2(\theta)$, ... de proche en proche. Pour obtenir une solution périodique on détermine les constantes d'intégration en annulant les termes séculaires. Pour trois premières constantes on obtient les valeurs $k_0 = \rho_0 = 4$; $k_1 = 0$; $k_2 = 3/8$. Pour les trois premières approximations la valeur de $\rho(\theta)$ est

$$\text{(E)} \quad \rho(\theta) = 4 + \varepsilon(2\sin 2\theta - \sin 4\theta) + \varepsilon^2\left(\frac{3}{8} - \frac{3}{4}\cos 2\theta + \frac{1}{4}\cos 4\theta + \frac{5}{12}\cos 6\theta - \frac{1}{4}\cos 8\theta\right).$$

Pour étudier les échanges d'énergie entre l'oscillateur VDP et la source d'énergie, il suffit d'étudier les deux premières équations (C) en posant $\rho = \rho_0 + \varepsilon\rho_1 + \varepsilon^2\rho_2 + \ldots$; $\theta = \theta_0 + \varepsilon\theta_1 + \varepsilon^2\theta_2 + \ldots$ et d'appliquer le calcul

(*) Séance du 20 décembre 1948.

de perturbation comme il vient d'être indiqué. Les constantes d'intégration dans les expressions pour $\rho(t)$ s'obtiennent de la même façon que dans le cas précédent, mais il est nécessaire d'introduire certaines conditions initiales pour la détermination de constantes d'intégration dans les expressions pour $\theta(t)$. La série trigonométrique pour $\rho(t)$ est différente de celle qui donne $\rho(\theta)$ à cause de la fluctuation périodique de la vitesse angulaire du rayon vecteur autour de sa vitesse moyenne $\dot{\theta} = -1$.

Le calcul de perturbation ne s'applique plus quand ε n'est pas petit. Certaines conclusions peuvent toutefois être obtenues de deux premières équations (C) en s'appuyant sur la forme de courbes intégrales $r(\theta)$ fournie par la méthode des isoclines. En effet, la première équation (C) montre que ρ passe par un maximum, un minimum et une valeur stationnaire en chaque demi-période, l'autre demi-période étant identique.

La valeur stationnaire de l'énergie a lieu pour $\theta = 0$ (et aussi pour $\theta = \pi$). Le calcul de premiers termes de la série de Taylor pour les fonctions $\dot{\theta}(\theta)$ et $\dot{\rho}(\theta)$ dans le voisinage de $\theta = 0$ donne

$$\text{(F)} \qquad \dot{\theta} = -1 - k\theta; \qquad \dot{\rho} = -4\rho_0 k\theta^2, \qquad \text{où} \quad k = \varepsilon(\rho_0 - 1); \qquad \rho_0 = \rho(0).$$

Plaçons-nous dans le cas où ε est très grand. Ainsi, par exemple, M. van der Pol (¹) indique pour ε la valeur de l'ordre 3.10^5. La méthode des isoclines indique en outre que $\rho_0 \cong 4$ quand ε grandit indéfiniment.

Dans ce cas la première formule (F) montre que $\dot{\theta}$ devient très petit pour $\theta < 0$ quand $|\theta|$ est de l'ordre $1/k$. Calculons la variation d'énergie $\Delta\rho$ quand la courbe intégrale $\rho(\theta)$ est parcourue dans l'intervalle $(\theta_1, -\theta_1)$ dans le sens positif (de θ_1 à $-\theta_1$), $\theta_1 > 0$ étant défini par les considérations qui viennent d'être précisées. On a

$$\Delta\rho_1 = \int_{\theta_1}^{0} \dot{\rho}\, dt, \qquad \Delta\rho_2 = \int_{0}^{-\theta_1} \dot{\rho}\, dt.$$

En remplaçant $\dot{\rho}$ et dt par leurs valeurs tirées de (F) et en effectuant l'intégration, on obtient

$$\text{(G)} \qquad \Delta\rho_{1,2} = \mp \frac{4\rho_0}{k^2}\left[\frac{1}{2}(1 \pm k\theta_1^2) - 2(1 \pm k\theta_1) + \operatorname{Log}(1 \pm k\theta_1) + \frac{3}{2}\right].$$

On doit prendre le signe supérieur dans cette expression pour $\Delta\rho_1$ dans l'intervalle $(\theta_1 > \theta > 0)$ et le signe inférieur pour $\Delta\rho_2$ dans l'intervalle $(0 > \theta > -\theta_1)$. Comme la quantité $(1 - k\theta_1) > 0$ est petite, $|\Delta\rho_2| \gg |\Delta\rho_1|$, ce qui explique l'origine de la forme asymétrique connue de la courbe intégrale de (A) dans le voisinage du point stationnaire $\theta = 0$.

(¹) *Jahrb. der draht. Telegr. und Teleph.*, Band **28**, 1926.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Relations d'incertitude et fluides quantiques.* Note (*) de M. **Daniel Massignon**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. L'état d'un système de N particules semblables a généralement le caractère d'un mélange, et peut être représenté par un opérateur statistique ρ_N normé. La valeur moyenne d'une grandeur observable G est alors la trace de l'opérateur $\rho_N G$. A l'équilibre, $\rho_N = \exp.\{(A - H)/kT\}$, où A est l'énergie libre de Helmholtz, T la température *thermodynamique* et H l'Hamiltonien du système ([1]). Ces principes statistiques semblent suffisants pour édifier une thermodynamique et une théorie cinétique des fluides quantiques, comme l'ont montré Max Born et H. S. Green ([2]).

2. Supposons le fluide contenu dans une enceinte de volume V; désignons par K l'énergie cinétique totale et par Φ le potentiel des forces intermoléculaires (supposées centrales),

$$(1) \qquad H = K + \Phi, \qquad \Phi = \frac{1}{2}\sum\sum \varphi_{kl}(r_{kl}).$$

On peut alors définir *cinétiquement* ([2]) une température à l'aide de la valeur moyenne de l'énergie cinétique,

$$(2) \qquad \frac{3}{2} N k T_1 = \text{Trace}\{\rho_N K\}$$

et une pression hydrostatique,

$$(3) \qquad p_1 = \frac{1}{3V}\text{Trace}\{\rho_N(2K + \mathcal{V})\} = \frac{N}{V} k T_1 - \frac{1}{6}\int n_2(r)\frac{d\varphi}{dr} r 4\pi r^2\, dr,$$

où $\mathcal{V} = -1/(2)\Sigma\Sigma r_{kl}(\partial\varphi)/(\partial r_{kl})$ est le viriel des forces intermoléculaires et $n_2(r)$ la fonction de distribution radiale quantique ([3]).

3. D'autre part, la pression *thermodynamique* est définie par

$$p = -\frac{\partial A}{\partial V} = kTe^{\frac{A}{kT}}\cdot\frac{\partial}{\partial V}\text{Trace}\left\{e^{-\frac{H}{kT}}\right\}.$$

En appliquant les règles de dérivation ([4]) d'une exponentielle symbolique,

---

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) J. von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932, chap. 4 et 5.

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, A 191, 1947, p. 168-181.

([3]) La remarque que $p_1 V$ est égal à la valeur moyenne de l'opérateur $(2K + \mathcal{V})/3$ est de M. Jacques Yvon (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 763).

([4]) C'est ici que mes calculs s'écartent de ceux de M. J. Yvon, *loc. cit.* Pour la dérivation de l'exponentielle, voir J. E. Campbell (*Proc. Lond. Math. Soc.*, 28, 1897, p. 380).

on trouve alors,

$$(4) \qquad p = \frac{1}{3V} \sum_{s=0}^{\infty} \frac{1}{(2s+1)!} \left(\frac{1}{kT}\right)^{2s} \operatorname{Trace} \{ \rho_N \theta_{2s+1} \}$$

où θ_n désigne le commutateur $[\theta_{n-1}, H]$ et θ_1 l'opérateur $(2K + \mathcal{V})$. Nous retrouvons ainsi d'une façon très simple l'équation d'état d'un fluide quantique, donnée par Born et Green. La pression thermodynamique p est donc la somme d'une série dont le premier terme est la pression hydrostatique p_1 et donc le $(s+1)^e$ est proportionnel à $(\hbar/kT)^{2s}$; et p diffère de p_1 parce que le commutateur

$$(5) \qquad \theta_2 = [2k + \mathcal{V}, H] = [K, 2\Phi - \mathcal{V}]$$

n'est pas nul.

4. Ainsi, en physique quantique, les définitions thermodynamique et cinétique de la pression ne coïncident pas, contrairement à ce qui se passe en physique classique; et cela, parce que l'énergie cinétique ne permute, ni avec l'énergie potentielle, ni avec le viriel des forces intermoléculaires. La raison profonde de cet état de choses doit donc être recherchée dans les relations d'incertitude de Heisenberg.

On peut remarquer, toutefois, que, pour un *gaz* quantique, les interactions peuvent être négligées. C'est ce que l'on fait, à juste titre, en statistique quantique; le commutateur (5) est alors nul et l'anomalie disparaît. Mais il faudra en tenir compte pour les fluides *condensés* où les interactions des particules semblent être à l'origine de phénomènes observables : c'est le cas, par exemple, des atomes de l'hélium superfluide, ou des électrons de Fermi d'un métal superconducteur.

5. Il est possible de préciser les résultats précédents en calculant, à l'aide de la pseudo-densité de probabilité de Wigner, les diverses valeurs moyennes qui figurent dans les formules (2), (3) et (4).

Il est aisé, d'ailleurs, de montrer que cette méthode est mathématiquement équivalente aux méthodes de von Neumann et de Born et Green.

Elle est particulièrement intéressante pour un système quantique dont le comportement, à l'équilibre statistique, serait représenté d'une façon à peu près correcte par la physique classique. On peut alors former, pour T_1, p_1 et chaque terme de p, des développements en série selon les puissances croissantes de $(\hbar)^2$, dont les coefficients s'expriment de façon classique au moyen des dérivées successives du potentiel des forces intermoléculaires. On vérifie, sur les expressions obtenues, que T_1 est bien égal à T et p_1 à p si $\hbar$ peut être négligée; la température et la pression ont bien, en ce cas, les valeurs que

(5) E. WIGNER, *Physical Review*, 40, 1932, p. 749-759.

prévoit la théorie cinétique classique. On arrive aux mêmes conclusions lorsque la température du fluide est élevée.

On voit ainsi que la théorie quantique des liquides satisfait bien aux exigences usuelles de correspondance avec la physique classique.

MAGNÉTISME. — *Les propriétés magnétiques du sesquioxyde de fer rhomboédrique.* Note de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le sesquioxyde de fer rhomboédrique, ou $Fe_2O_3\alpha$, possède des propriétés magnétiques complexes qu'on peut décrire comme un *antiferromagnétisme* d'un type normal superposé à un faible *ferromagnétisme*.

L'antiferromagnétisme est caractérisé par un point de transition à 675° C., mis en évidence par une forte anomalie de dilatation ([1]); il existe aussi une anomalie de chaleur spécifique ([2]). Au-dessus du point de transition, il résulte des expériences de K. Endô ([3]) que la substance obéit à la loi de Curie-Weiss, avec un point de Curie situé à —3700° K. et une constante de Curie atomique égale à 6,8. Cette dernière valeur diffère notablement de la valeur 4,4 que la théorie assigne aux sels ferriques, mais cela peut tenir soit à l'influence des fluctuations du champ moléculaire dues à la proximité du point de transition, soit aux corrections de dilatation qui sont susceptibles d'être importantes à cause de la valeur élevée de la température de transition ([4]). Vraisemblablement, l'antiferromagnétisme provient des ions Fe^{+++} rangés en couches successives parallèles au plan de base (0001), spontanément aimantées, alternativement dans un sens et dans le sens opposé ([5]), conformément à une ancienne suggestion de R. Forrer.

Le ferromagnétisme correspond à un point de Curie situé aussi à 675° C. et à une saturation spécifique faible, variable d'un échantillon à l'autre ([6]), de l'ordre de 0,5 u. é. m. Snoëk ([7]) a montré qu'elle diminuait par recuit prolongé dans l'oxygène à 1200° C., ce qui invite à l'attribuer à un déficit d'oxygène par rapport à la composition stœchiométrique. Conformément à ce qui est connu du diagramme thermique $Fe_2O_3 - Fe_3O_4$, on peut donc imaginer qu'à haute température le sesquioxyde contienne en solution solide une petite quantité de magnétite, variable suivant les conditions de préparation,

---

(1) G. Chaudron et H. Forestier, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 763.
(2) Furnas, *Trans. Amer. Inst. Chem. Ing.*, 18, 1926, p. 309; Roth et Bertram, *Z. Elektrochem.*, 35, 1929, p. 306.
(3) *Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ.*, 25, 1937, p. 258.
(4) L. Néel, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1038; *Ann. de Phys.*, 8, 1937, p. 237.
(5) L. Néel, *Ann. de Phys.*, 3, 1948, p. 137.
(6) R. Chevallier et S. Mathieu, *Ann. de Phys.*, 18, 1943, p. 5.
(7) *Physica*, 3, 1936, p. 463.

de l'ordre de 1 %, qui se précipite par refroidissement en cristallites très fins ferromagnétiques, enrobés dans la matrice.

Malheureusement, cette interprétation n'explique pas pourquoi l'hématite, variété naturelle de $Fe_2O_3\alpha$, ne présente de ferromagnétisme que dans les directions du plan de base ([8]), tandis qu'elle est simplement paramagnétique dans la direction de l'axe ternaire. En outre, la coïncidence du point de Curie ferromagnétique et du point de transition antiferromagnétique reste à expliquer.

Or, la comparaison des structures de la magnétite et de l'hématite, faite en ordonnant les atomes par couches parallèles aux plans (111) et (0001), montre dans les deux cas des couches semblables d'atomes d'oxygène hexacoordonnés dont les distances mutuelles moyennes sont très voisines : 2,97 Å pour Fe_3O_4 et 2,90 Å pour Fe_2O_3. Ces conditions particulières doivent, au cours de la précipitation de magnétite, favoriser la formation d'une phase intermédiaire, orientée par rapport à la matrice, composée de magnétite à réseau déformé, de manière à s'adapter exactement au réseau rhomboédrique qui lui donne naissance. Les deux réseaux se raccordent par une couche commune d'oxygène, parallèle au plan (111) du précipité et (0001) de la matrice. Dans cette magnétite déformée, que nous nommerons δ, la distance des atomes d'oxygène dans les plans parallèles au plan de base est ramenée à 2,90 Å. Il y aurait là un mécanisme analogue à celui de la formation des structures de Widmanstätten, comme on en trouve un bel exemple dans le système Al-Ag ([9]). Très souvent de tels précipités prennent la forme de plaquettes : lorsque l'épaisseur de celles-ci dépasse une certaine limite, il y a rupture de continuité entre les réseaux du précipité et de la matrice; le précipité prend son réseau normal qui reste alors orienté d'une manière déterminée par rapport au réseau de la matrice. Précisément, dans le cas qui nous occupe, on a trouvé ([10]) parmi les produits d'éruptions volcaniques, des assemblages épitaxiques hématite-magnétite dans lesquels le plan (0001) de l'hématite est parallèle à un plan (111) de la magnétite.

Par suite de la faible proportion de magnétite, les plaquettes restent ici suffisamment minces pour conserver la forme intermédiaire déformée δ, d'où résulte une forte anisotropie magnétique susceptible d'expliquer l'existence d'un plan de facile aimantation parallèle au plan de base de la matrice et d'une direction de très difficile aimantation suivant l'axe ternaire.

Enfin, l'identité du point de Curie et du point de transition peut s'interpréter par la continuité des réseaux du précipité et de la matrice qui entraîne l'apparition de forces de couplage de Weiss-Heisenberg entre les deux réseaux, par

---

([8]) TOWNSEND SMITH, *Phys. Rev.*, 8, 1916, p. 721.
([9]) Cf. BARRETT, *Structure of Metals* (Mc Graw-Hill) (pour bibliographie).
([10]) L. ROYER, *Thèse*, Strasbourg, 1928.

l'intermédiaire desquelles l'ordre magnétique, qui subsiste dans la matrice antiferromagnétique jusqu'au point de transition, maintient l'ordre dans le précipité ferromagnétique bien au-dessus du point de Curie normal de la magnétite.

Bref, l'ensemble des propriétés ferromagnétiques de $Fe_2O_3\alpha$ paraît s'expliquer d'une façon satisfaisante par la présence de fins cristallites de magnétite précipités sous une forme intermédiaire δ déformée et orientée par la matrice.

RAYONS X. — *Interprétation de la valeur limite de la diffusion des rayons* X *aux très faibles angles*. Note (*) de MM. **Gérard Fournet** et **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'intensité diffusée par une particule isolée, F^2, est maximum dans la direction du rayon incident. Sa valeur est $F^2(0) = n^2 I_e$, où n est le nombre d'électrons de la particule, et I_e l'intensité diffusée par un électron.

Pour un ensemble de N particules, quand l'angle de diffusion ε est assez petit pour que la différence de phase entre les ondes diffusées en deux points quelconques de l'ensemble soit inférieure à 2π, il intervient dans le calcul de l'intensité un terme en N^2 qui rend celle-ci très grande. Ce domaine angulaire étant inaccessible à l'expérience, nous prendrons comme valeur limite I_0 de l'intensité, la limite des valeurs mesurées $I(h)$ quand $h[h = (2\pi\varepsilon)/\lambda]$ tend vers zéro, en restant extérieur au domaine négligé. La valeur de I_0 dont est responsable uniquement la *diffusion cohérente* puisque l'effet Compton s'annule, dépend de l'état de la matière. L'expérience montre que cette valeur est grande pour les gaz, faible pour les liquides, elle est théoriquement nulle pour un cristal à réseau parfait, mais ne l'est pas pour les cristaux réels doués d'agitation thermique.

Nous supposons que le volume V_0 offert aux particules est grand devant la portion V irradiée par les rayons X. Pour calculer la valeur observable de l'intensité diffusée $I(h)$ on définit (1) (2) la probabilité P_1 pour qu'il y ait à la fois un centre de particule dans un élément de volume dv_k et le centre d'une autre particule dans un élément dv_j distant de r,

$$P_1 = \frac{dv_k}{v_1} \cdot \frac{dv_j}{v_1} \cdot P(r),$$

v_1 étant le volume moyen offert à chaque particule. Dans les corps amorphes, $P(r)$ tend vers l'unité quand r tend vers l'infini. Nous obtenons en supprimant le

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) F. Zernicke et J. A. Prins, *Z. Phys.*, 41, 1927, p. 184-193.

(2) P. Debye, *Z. Phys.*, 28, p. 135-141.

terme en N^2 dû à la diffusion par l'ensemble du domaine V et en négligeant les effets de bords du volume V

$$\overline{I(h)} = \overline{N}\, F^2(h) \left\{ 1 - \frac{1}{v_1}\int_0^{\infty} [1 - P(r)]\, \frac{\sin hr}{hr}\, 4\pi r^2\, dr \right\}, \tag{1}$$

formule identique à celle de Debye, à cela près qu'y figure $\overline{N}$ au lieu de N, car N, nombre de particules contenues dans V, est soumis à des fluctuations. Pour $h = 0$, la formule (1) devient

$$I_0 = \overline{N} n^2 I_e \left\{ 1 - \frac{1}{v_1}\int_0^{\infty} [1 - P(r)]\, 4\pi r^2\, dr \right\}.$$

L'intégrale ci-dessus se calcule à partir de l'intégrale $\int_V \int_V P_1$ dont on connaît la valeur : c'est le nombre moyen de couples de particules existant dans V soit

$$\int_V \int_V P_1 = \overline{N(N-1)} = \overline{N^2} - \overline{N}.$$

On trouve ainsi

$$\int_0^{\infty} [1 - P(r)]\, 4\pi r^2\, dr = v_1 \frac{\overline{N} - (\overline{N^2} - \overline{N}^2)}{\overline{N}} \tag{2}$$

et

$$I_0 = I_e n^2 (\overline{N^2} - \overline{N}^2) = I_e n^2 \overline{(N - \overline{N})^2}.$$

Cette formule, d'ailleurs déjà obtenue par des moyens différents (1) (3) est absolument générale; elle est déduite de seules considérations géométriques. *L'intensité diffusée au centre est une conséquence de l'existence des fluctuations* : une masse de matière donnée diffuse d'autant plus que sa densité et son degré d'organisation sont plus faibles, et l'intensité diffusée est nulle dans le cas d'un réseau parfait où N est déterminé. La valeur de I_0 peut être précisée par des considérations thermodynamiques. L'écart quadratique moyen de N est déterminé par la compressibilité χ qui peut se déduire de l'équation d'état ce qui donne

$$I_0 = I_e n^2 \overline{N} \frac{kT}{v_1} \chi.$$

Dans le cas de gaz parfaits (ou de molécules en solution étendue), on retrouve le résultat classique $I_0 = I_e n^2 \overline{N}$.

Si on adopte l'équation d'état $p(v - b) = RT$, qui ne tient compte que de l'impénétrabilité des particules on obtient

$$I_0 = I_e n^2 \overline{N} \left(1 - \frac{b}{v}\right)^2 = I_e n^2 \overline{N} \left(1 - \frac{2b}{v} + \frac{b^2}{v^2}\right). \tag{3}$$

(3) A. B. BHATIA et K. S. KRISHNAN, *Proc. Roy. Soc.*, A, **192**, 1948, p. 181.

En négligeant le terme en b^2, (3) n'est autre que la formule donnée par Debye ([2]). On voit donc la nature des approximations contenues implicitement dans cette formule. Elle a été appliquée ([4]) pour les liquides pour lesquels elle n'est plus valable. D'ailleurs elle conduisait à un résultat absurde (intensité négative quand l'arrangement des molécules est trop compact) et à un résultat non vérifié expérimentalement (maximum de l'intensité prévu pour un angle quasi indépendant de la distance moyenne entre particules voisines). Ceci provient du fait que la fonction P(r) choisie par Debye pour base de sa théorie n'obéit pas à la relation (2).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le mécanisme du* fading *des plaques pour recherches nucléaires.* Note de Mlle **Georgette Albouy** et Mme **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le *fading* des émulsions pour recherches nucléaires varie avec des facteurs très divers et sans liens apparents : charge de l'émulsion en sels divers, température, humidité, eau oxygénée, vide, etc. ([1]). Nous avons étudié systématiquement le rôle de chacun de ces facteurs en les faisant varier séparément, l'ensemble des autres étant maintenu aussi constant que possible. Cette étude a porté principalement sur les plaques Ilford C_2, irradiées par les rayons α de Po, ThC, et ThC′ en surface et en profondeur. Le taux d'effacement est donné par le rapport $(N_0 - N)/N_0$ (N_0, nombres de grains au développement immédiat; N, nombre de grains au développement différé, pour des portions de traces d'égale énergie), et la vitesse d'effacement peut être caractérisée par le temps θ au bout duquel $(N_0 - N)/N_0 = 0{,}5$. Les résultats obtenus sont les suivants ([2]) :

1. *Température.* — A humidité constante, la vitesse d'effacement est telle que $1/\theta \sim e^{-k/T}$, k étant une constante, et T la température absolue.

2. *Humidité.* — A température constante, la vitesse d'effacement est très faible pour les taux d'humidité τ inférieurs à 50 % et croît très vite au delà de 70 %. La courbe de gonflement de la gélatine en fonction de l'humidité donnée par Mees ([3]), comparée à la courbe $\log 1/\theta = f(\tau)$, permet de conclure que

---

([4]) A. H. Compton et S. K. Allison, *X-Rays in theory and experiment*, Mac Millan, 1935, p. 184.

([1]) Lauda, *Sitz.-Akad. Wien Math. Naturw. Klasse Abst.* II A, 145, 1935, p. 107; Powell et al., *Nature*, 259, 1947, p. 186; P. R. Yagoda, 71, 1947, p. 910 et 73, 1948, p. 534; Faraggi-Albouy, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 917; Coppens, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 61.

([2]) L'exposé complet des expériences et une discussion plus détaillée paraîtront prochainement au *Journal de Physique*.

([3]) *Theory of Photographic Process*, New-York, 1942.

l'effacement est fonction exponentielle de la quantité d'eau retenue par la gélatine.

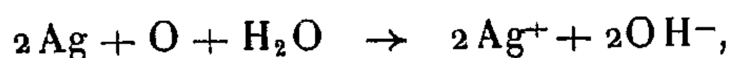
3. *Rôle des sels imprégnant l'émulsion.* — On constate que, d'une manière générale, tous les sels augmentant le pH de l'émulsion sont des sensibilisateurs (borax, carbonate de soude, etc.), tandis que les sels diminuant le pH (acétates, nitrates) accélèrent l'effacement.

4. *Rôle du milieu extérieur.* — On sait que l'effacement dans le vide est négligeable (¹). A humidité et température constantes, l'effacement est 2 fois plus rapide dans l'oxygène que dans l'air et 10 fois plus rapide que dans l'azote. Il est plus rapide en surface qu'en profondeur. Dans les gaz inertes et desséchés (argon, azote), l'effacement est pratiquement nul au bout de quatre mois.

5. *Rôle de l'eau oxygénée.* — Yagoda a montré que l'eau oxygénée accélère considérablement l'effacement. Ceci fait intervenir les deux facteurs humidité et oxygène, l'oxygène étant présent ici sous forme particulièrement active. Yagoda suppose que l'effacement est dû aux molécules de H_2O_2 formées par les particules traversant la gélatine (⁴). Un calcul approché montre que la quantité d'eau oxygénée formée ne serait pas suffisante pour expliquer la totalité du phénomène, ni son prolongement au cours du temps.

Interprétation. — Il semble possible de ramener tous les aspects du *fading* à un mécanisme simple *d'oxydation des germes de l'image latente par l'oxygène de l'air en présence d'humidité,* oxydation retardée par les milieux de pH élevé.

En effet la réaction d'oxydation de l'argent :



$$2\,Ag + O + H_2O \rightarrow 2\,Ag^+ + 2\,OH^-,$$

variera avec la température comme $e^{-k/T}$ (agitation thermique). Elle sera facilitée par la présence de vapeur d'eau, et disparaîtra en présence d'oxygène ou d'humidité. De plus la vapeur d'eau, en gonflant la gélatine, facilitera la pénétration de la gélatine par l'oxygène de l'air. Les imprégnations basiques en fournissant des ions OH^- retarderont cette réaction.

De plus, le pH de l'émulsion influe sur les conditions de formation et de développement de l'image latente. On sait que l'image latente est formée par l'accumulation d'argent métallique sur les défauts réticulaires des grains de bromure d'argent; or Mitchell (⁵), complétant la théorie de Mott et Gurney, a montré que ces défauts peuvent être des emplacements vacants d'anions (défauts de Schottky) et que le milieu entourant les grains a un rôle déterminant dans la formation de ces défauts; les pH élevés déterminent un accroissement de la charge spatiale positive des ions amphotères adsorbés sur les grains, ce qui entraîne une migration plus grande des Br^- vers la surface du grain, augmente le nombre des défauts et par suite facilite la formation des

---

(⁴) *Nucleonics*, mai 1948, p. 2.

(⁵) *Scien. et Ind. Photo,* **2**, 19, 1948, p. 351.

germes. D'autre part, Piccioto (*Comptes rendus*, 228, 1949) a montré que le pH de l'émulsion modifie celui du révélateur, et, à basicité croissante, le développement est plus énergique. Les germes formés dans les émulsions plus fortement basiques seront donc à la fois *plus nombreux*, *moins oxydés* et *plus fortement développés*.

Il semble donc possible d'expliquer l'effacement par une oxydation due à l'oxygène de l'air.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude réfractométrique des acétophénones substituées sur le* CH_3 *en fonction de la température*. Note (*) de MM. **Claude Cherrier** et **Jacques Metzger**, présentée par M. Jean Cabannes.

Poursuivant notre étude exposée dans une précédente Note [1], nous avons déterminé le comportement réfractométrique de quelques acétophénones substituées sur le CH_3 en fonction de la température. Nous donnons pour chaque température et chaque longueur d'onde les exaltations thermiques moléculaires (E_λ). La réfraction moléculaire est donnée à 0,1 %.

t°.	d_4^t.	R_C.	R_D.	R_F.	R_e.	R_g.	E_C.	E_D.	E_e.	E_F.	E_g.
					1° *Acétophénone.*						
20,0.....	1,0286	35,98	36,28	36,53	37,10	37,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0.....	1,0196	36,04	36,34	36,61	37,17	37,83	0,06	0,06	0,08	0,10	0,07
40,0.....	1,0103	36,09	36,41	36,69	37,25	37,91	0,11	0,13	0,16	0,15	0,15
50,0.....	1,0010	36,17	36,49	36,77	37,33	37,99	0,23	0,21	0,24	0,23	0,23
60,0.....	0,9926	36,26	36,57	36,86	37,41	38,08	0,28	0,29	0,33	0,31	0,32
70,0.....	0,9842	36,36	36,66	36,94	37,49	38,18	0,38	0,38	0,41	0,39	0,42
80,0.....	0,9731	36,46	36,75	37,03	37,58	38,27	0,48	0,47	0,50	0,48	0,51
					2° *Diméthylacétophénone.*						
20,0.....	0,9851	45,23	45,56	45,88	46,43	47,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0.....	0,9758	45,31	45,66	45,97	46,54	47,34	0,08	0,10	0,09	0,11	0,10
40,0.....	0,9667	45,39	45,75	46,07	46,65	47,44	0,16	0,19	0,19	0,22	0,20
50,0.....	0,9575	45,48	45,84	46,15	46,75	47,53	0,25	0,28	0,27	0,32	0,29
60,0.....	0,9482	45,58	45,96	46,25	46,86	47,62	0,35	0,40	0,37	0,43	0,38
70,0.....	0,9390	45,69	46,07	46,36	46,97	47,72	0,46	0,51	0,48	0,54	0,48
80,0.....	0,9298	45,81	46,19	46,46	47,08	47,84	0,58	0,63	0,58	0,65	0,60
					3° *Triméthylacétophénone.*						
20,0.....	0,9698	49,65	50,04	50,33	50,92	51,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0.....	0,9615	49,70	50,09	50,36	50,96	51,72	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04
40,0.....	0,9531	49,73	50,12	50,39	50,98	51,75	0,08	0,08	0,06	0,06	0,07
50,0.....	0,9446	49,74	50,15	50,44	51,01	51,82	0,09	0,11	0,11	0,09	0,14
60,0.....	0,9360	49,77	50,20	50,48	51,07	51,88	0,12	0,16	0,15	0,15	0,20
70,0.....	0,9274	49,81	50,24	50,52	51,11	51,93	0,16	0,20	0,19	0,19	0,25
80,0.....	0,9185	49,85	50,27	50,55	51,15	51,98	0,20	0,23	0,22	0,23	0,30

(*) Séance du 7 juin 1948.

(1) Cl. Cherrier et J. Metzger, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 797.

Nous donnons ci-dessous les résultats relatifs à l'éthylacétophénone dont la préparation a fourni trois portions de distillation de même formule brute et de même masse moléculaire; l'étude n'a malheureusement pas pu être faite aussitôt après la préparation.

4° *Éthylacétophénone* (portion de tête, E_2 80°).

$t°$.	d_4^t.	R_D.	R_F.	R_g.	E_C.	E_D.	E_e.	E_F.	E_g.
20,0.....	0,9902	45,56	45,88	47,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0.....	0,9816	45,58	45,90	47,26		0,02	0,02		0,03
40,0.....	0,9731	45,62	45,95	47,33		0,06	0,07		0,10
50,0.....	0,9645	45,71	46,03	47,39		0,15	0,15		0,16
60,0.....	0,9558	45,80	46,13	47,48		0,24	0,25		0,25
70,0.....	0,9475	45,88	46,22	42,53		0,32	0,33		0,30
80,0.....	0,9388	45,93	46,26	47,56		0,37	0,38		0,34

5° *Éthylacétophénone* (portion de cœur, E_5 90°).

$t°$.	d_4^t.	R_C.	R_D.	R_F.	R_F.	R_g.	E_C.	E_D.	E_e.	E_E.	E_g.
20,0.....	0,9895	45,18	45,52	45,85	46,42	47,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0.....	0,9806	45,26	45,61	45,93	46.50	47,28	0,08	0,09	0,08	0,08	0,08
40,0.....	0,9719	45,33	45,68	45,99	46,58	47,34	0,15	0,16	0,14	0,16	0,14
50,0.....	0,9638	45,37	45,74	46,03	46,60	47,40	0,19	0,22	0,18	0,18	0,20
60,0.....	0,9557	45,39	45,78	46,06	46,62	47.40	0,21	0,26	0,28	0,20	0,20
70,0.....	0,9472	45,45	45,82	46,09	46,73	47,47	0,27	0,30	0,36	0,31	0,27
80.0.....	0,9398	45,50	45,86	46,16	46,76	47,50	0,32	0,34	0,31	0,34	0,30

6° *Éthylacétophénone* (portion de queue, E_8 90°-108°).

20,0.....	0,9930	45,05	45,38	45,69	46,27	46,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0.....	0,9834	45,12	45,47	45,79	46,38	47,13	0,07	0,09	0,10	0,11	0,14
40,0.....	0,9748	45,21	45,56	45,89	46,47	47,23	0,16	0,18	0,20	0,20	0,24
50,0.....	0,9660	45,31	45,66	45,98	46,55	47,34	0,26	0,28	0,29	0,28	0,35
60,0.....	0,9570	45,40	45,75	46,06	46,64	47,42	0,35	0,37	0,37	0,37	0,43
70,0.....	0,9480	45,49	45,84	46,14	46,76	47,51	0,44	0,46	0,45	0,49	0,52
80,0.....	0,9390	45,56	45,94	46,24	46,86	47,59	0,51	0,56	0,55	0,59	0,60

Remarquons que dans le cas de l'acétophénone, de la diméthyl et de la triméthylacétophénone, la variation en fonction de la température est sensiblement linéaire et semble ainsi correspondre au fait que ces substances ne se présentent ici que sous une seule forme (forme cétonique d'après la valeur calculée pour la réfraction à 20°). Ce point de vue est confirmé par les résultats de mesures de moments dipolaires ([2]), de susceptibilités magnétiques moléculaires ([3]), de spectrographie Raman et infrarouge (mesures devant être publiées incessament). Des trois portions d'éthylacétophénone, seule la troisième présente une variation linéaire; les deux autres, quoique s'écartant très peu de la valeur calculée pour la forme cétonique, ont un comportement

([2]) Cl. Cherrier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1306.

([3]) *Ibid.*, 226, 1948, p. 1016.

qui les rapproche de mélanges, le second constituant (vraisemblablement la forme énolique) n'existant qu'en proportions minimes et dans tous les cas impossibles à évaluer quantitativement par cette méthode. Le fait que ces trois portions ont des propriétés optiques voisines peut trouver son explication dans le délai qui s'est écoulé entre leur séparation et les mesures spectrochimiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la réversibilité de la réaction* $3\,UO_3 \rightleftharpoons U_3O_8 + O$. Note (*) de M. **André Boullé** et Mme **Marthe Dominé-Bergès**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Dans une Note précédente (1) nous avons interprété les phénomènes observés lors de la décomposition de l'oxyde UO_3 par la formation intermédiaire d'une solution solide de composition voisine de $UO_{2,90}$ stable de 520° à 610°. Nous voudrions maintenant préciser les conditions de réoxydation de l'oxyde U_3O_8 (ou $UO_{2,66}$) de diverses origines et de la solution solide $UO_{2,90}$; la difficulté de fixer l'oxygène sur l'oxyde U_3O_8, lorsqu'il a été calciné à haute température, a déjà été signalée (2).

L'oxyde U_3O_8 a tout d'abord été préparé : soit par décomposition de l'oxalate $C_2O_4UO_2\,3\,H_2O$ en creuset couvert à 350°, selon la méthode de M. Lebeau (2) qui a constaté, en outre, la possibilité de réoxyder le corps obtenu à la même température; soit par décomposition de l'oxyde UO_3 dans le vide réalisée à 510° par MM. Jolibois et Bossuet (3), mais qui est totale dès 450°.

Tous ces produits ont des spectres X identiques (rayonnement monochromatique K_α du cuivre); sous cette forme cristalline que nous désignons par structure (II) (courbe microphotométrique 2, *fig.* 2), ils sont totalement ou partiellement réoxydables lorsqu'on les maintient dans l'air ou dans l'oxygène à des températures comprises entre 300 et 500°. Cette oxydation est progressive ainsi qu'on le constate à l'aide des courbes de reprise de poids enregistrées à la thermobalance de Chévenard. Nous donnons à titre d'exemple la courbe de réoxydation totale (gain de poids, 1,87 %) en 24 heures à 350° dans l'oxygène de l'oxyde U_3O_8 préparé à partir de l'oxalate d'uranyle (*fig.* 1); il est facile, sur des échantillons prélevés par trempe au cours de la réoxydation, de suivre la disparition du réseau de U_3O_8 au fur et à mesure que la composition se rapproche de celle de l'oxyde UO_3 qui est décrit comme un corps amorphe et dont le spectre ne présente effectivement pas d'interférences visibles.

Par chauffage des produits précédents, on constate dès 450° de légères modifications du réseau, se traduisant en particulier par le dédoublement de cer-

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) A. Boullé et Mme M. Dominé-Bergès, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1365.

(2) Lebeau, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 388.

(3) Jolibois et Bossuet, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 386.

taines raies parmi les plus intenses. Nous désignons par structure (I) celle qui correspond au spectre X de l'oxyde U_3O_8 finement cristallisé après chauffage à $t \geqq 575°$ (courbe 1 et angles θ, *fig.* 2).

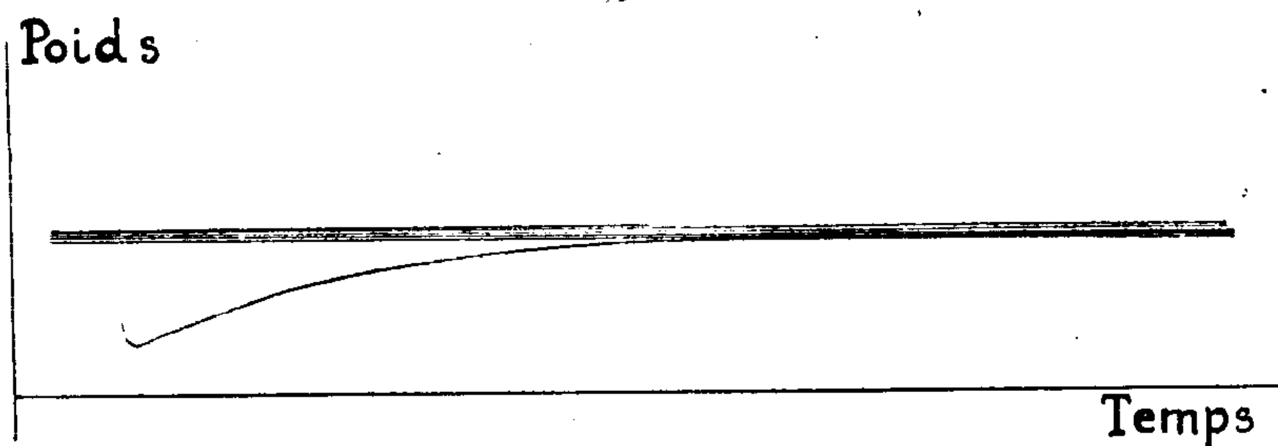


Fig. 1.

Parallèlement à ces modifications progressives du réseau, on constate une difficulté croissante à réaliser la réoxydation des produits; c'est ainsi que sur l'oxyde U_3O_8 obtenu dans le vide à 450°, pour lequel le dédoublement des raies est déjà visible, on ne peut fixer que 50 % de l'oxygène nécessaire pour revenir

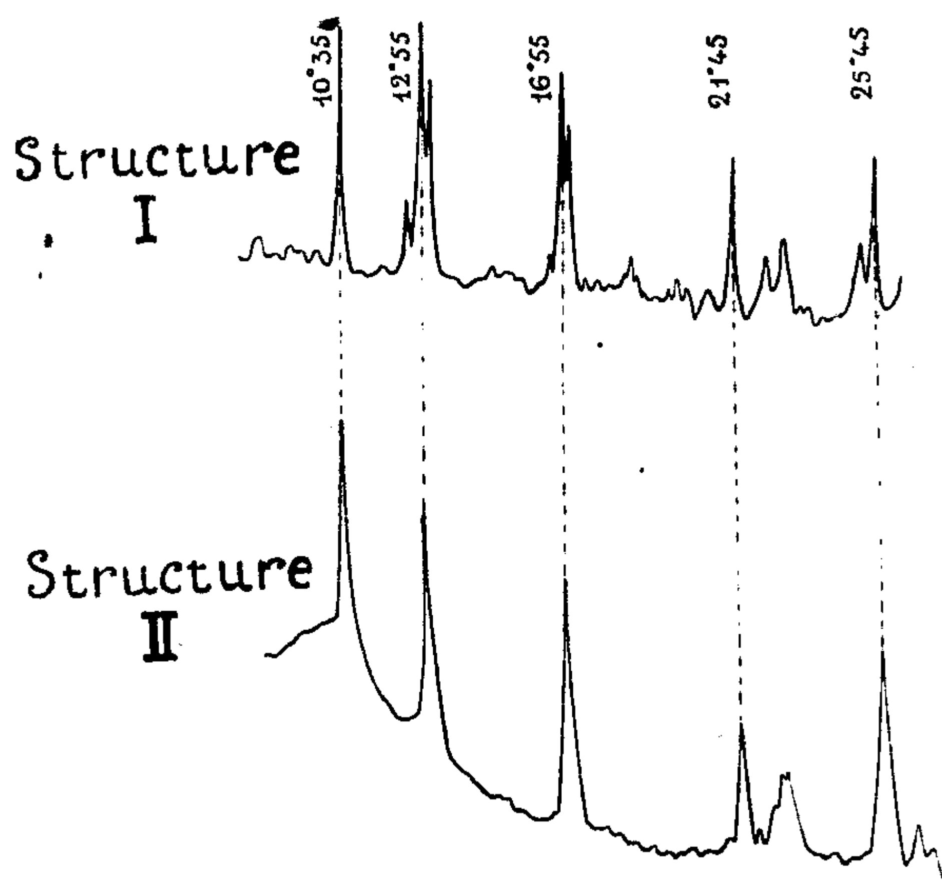


Fig. 2.

à l'état d'oxyde UO_3, et ceci après un chauffage à 500° durant plusieurs jours dans l'oxygène. Cette modification du réseau en fonction de la température peut traduire un réarrangement des atomes d'oxygène entraînant une cristallisation plus fine; la réoxydation n'est alors plus possible.

Enfin nous avons constaté que la solution solide $UO_{2,90}$ et l'oxyde U_3O_8 (II) ont des spectres X identiques au moins pour les angles θ inférieurs à 25°. Il n'est donc pas surprenant d'avoir observé pour l'oxyde U_3O_8 (II) une modification : (II) $\rightarrow$ (I) du réseau, analogue à celle décrite antérieurement pour la solution solide lors de sa décomposition à partir de 610° : $UO_{2,90} \rightarrow U_3O_8$ (I).

Ainsi la structure (II) caractérise des produits dont la composition s'échelonne dans l'intervalle U_3O_8 ou $UO_{2,66}$ à $UO_{2,90}$.

Quant à la réoxydation de la solution solide $UO_{2,90}$ nous n'avons pu la réaliser dans les conditions habituelles; mais il convient de remarquer qu'elle se distingue de l'oxyde U_3O_8 (II) : *a.* par sa composition voisine de UO_3; *b.* par sa température de préparation $520 \leq t \leq 610$; *c.* par de légères différences des dimensions de la maille cristalline mises en évidence lors de la mesure des grands angles θ (voisins de 80°) sur les diagrammes X en retour.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Magnétochimie des perchlorates alcalins et alcalino-terreux.* Note (*) de M. **Adolphe Pacault** et Mlle **Madeleine Stoltz**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons fait, des perchlorates alcalins alcalino-terreux ([1]), une étude analogue à celle publiée récemment sur les halogénates ([2]). Les produits étudiés ont été soigneusement préparés, purifiés et analysés. Les mesures ont été faites suivant la technique habituelle ([3]).

Le tableau I donne les susceptibilités moléculaires K de ces perhalogénates que l'on comparera aux valeurs antérieures abondantes pour ClO_4K 44,6 ([4]), 45,5 ([5]), 39,8 ([6]), 47,3 ([7]), 48,1 ([8]), 50,6 ([9]), 45,5 ([10]) au facteur -10^{-6} près. La plupart des susceptibilités ont été mesurées sur des corps anhydres. Pour les autres trop hygroscopiques la mesure a porté sur les hydrates [$ClO_4Li\,3H^2O$, $(ClO_4)_2Mg$, $6H_2O$] ou sur les solutions [$(ClO_4)_2Ca$, $(ClO_4)_2Sr$].

Tableau I.

Composés.	$-10^6 K$.	$-10^6 K_c$.	$10^6 K_a$.	Composés.	$-10^6 K$.	$-10^6 K_c$.	$10^6 K_a$.
ClO_4NH_4	46,3	18	28,3	$(ClO_4)_2Mg$	65,0	10,1	27,5
ClO_4Li	32,8	4,2	28,7	$(ClO_4)_2Ca$	70,5	16,0	27,2
ClO_4Na	37,6	9,2	28,4	$(ClO_4)_2Sr$	81,4	24,5	28,5
ClO_4K	47,4	18,5	28,9	$(ClO_4)_2Ba$	94,7	38,2	28,3
ClO_4Cs	69,9	41,0	28,9				

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) M. Stoltz, *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 19 novembre 1948.

([2]) Pascal, Pacault et Jamet, *Bull. Soc. chim.*, 1948, p. 324.

([3]) Pacault, *Ann. Chim.*, 1, 1946, p. 527.

([4]) Gray Farquharson, *Phil. Mag.*, 10, 1930, p. 191.

([5]) Kido, *Sci. Rep. of Tohoku Imp. Univ.*, I. 21, 1932, p. 869.

([6]) Bhatnagar Karjur, *J. Ind. Chem. Soc.*, 9, 1932, p. 347.

([7]) Perakis et Kajatos, *J. Phys. Rad.*, 6, 1935, p. 462.

([8]) Trew, *Trans. Far. Soc.*, 1936, p. 1658.

([9]) Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 6, I, p. 141.

([10]) Hugues Pearce, *J. amer. chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3277.

Le tableau II montre en effet, comme l'étude des halogénates ([2]), que dans les hydrates, même incomplètement desséchés, la susceptibilité de l'eau s'ajoute simplement à celle du sel anhydre. Il en est de même pour les solutions aqueuses et méthylalcooliques des perchlorates pour lesquelles la loi d'additivité s'applique.

TABLEAU II.

Composés.	10^6K (mes.).	10^6K (calc.).	Composés.	10^6K (mes.).	10^6K (calc.).
ClO_4Na	37,6	–	$(ClO_4)_2Ba$	94,7	–
ClO_4NaH_2O	50,3	50,6	$(ClO_4)_2Ba, H_2O$	106,8	107,7
			$(ClO_4)_2Ba, 2H_2O$	119,5	120,7

On constate encore que, quel que soit le système de susceptibilités ioniques envisagé : systèmes de Pascal, de Kide ou de Brindley Hoare ([11]), la susceptibilité K_a de l'ion ClO_4^- reste constante dans les perchlorates. Il y a donc additivité des susceptibilités K_a et K_c de l'anion et du cathion. Le tableau I indique le calcul dans le cas de la systématique de Pascal qui représente le mieux les faits comme le montre une étude de la dispersion des valeurs trouvées. Mais si l'additivité est vraie pour ClO_4^- pris en bloc, elle ne l'est plus pour ses constituants.

En résumé les perchlorates alcalins et alcalino-terreux ont des propriétés magnétiques parallèles à celles des halogénates. La susceptibilité du sel anhydre se conserve dans les hydrates et en solution; l'ion perchlorate a la même susceptibilité $-28,3\,10^{-6}$(dans la systématique de Pascal) lorsqu'il est combiné aux cathions alcalins ou alcalino-terreux, mais les atomes qui le constituent sont le siège d'une contrainte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption ultraviolette de quelques systèmes. Alcools amines de la série cyclique.* Note (*) de Mlle **Simone Hatem** et Mme **Suzanne Valladas-Dubois**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une étude physico-chimique des mélanges alcools amines de la série cyclique, l'une de nous ([1]) a observé une anomalie. Il nous a paru intéressant d'approfondir cette recherche par une étude spectrale. Nous avons opéré sur des corps exempts d'eau et aussi purs que possible.

Nous avons commencé par faire des mesures d'absorption dans l'ultraviolet en utilisant la méthode des variations continues ([2]), car la constante d'absorption est une des propriétés les plus rigoureusement additives. Le spectre des deux

---

([11]) Pacault, *Rev. Sci.*, n° 3255, 1946, p. 169.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) S. Hatem, *Thèse*, 1947.

([2]) P. Job, *Comptes rendus*, 180, 1924, p. 928.

constituants et ceux de leurs mélanges, en proportions variables et à volume constant, ont été pris sur une même plaque, en utilisant la même cuve et des temps de pose identiques. Par des enregistrements microphotométriques, on détermine la transparence de la plaque, et le logarithme de cette transparence est directement proportionnel à l'absorption lumineuse.

On trace la courbe donnant l'absorption en fonction de la composition du mélange pour différentes longueurs d'onde, puis la courbe des écarts avec la loi d'additivité. Cette dernière courbe passe par un maximum dont l'abscisse fixe la composition maximum.

Avec des solutions équimoléculaires, on détermine la proportion même des deux constituants dans le complexe.

Nous avons d'abord opéré sur les corps purs (éthanol, pyridine et butanol secondaire, pyridine). La courbe donnant l'absorption en fonction de la composition du mélange est la suivante (*fig.* 1). C'est une courbe en S, analogue à celle obtenue par l'une de nous (¹) dans des mesures de susceptibilités magnétiques. On retrouve pour le complexe un comportement différent dans les deux milieux : il est moins absorbant en milieu alcool et plus absorbant en milieu amine que la loi d'additivité ne le laisse prévoir.

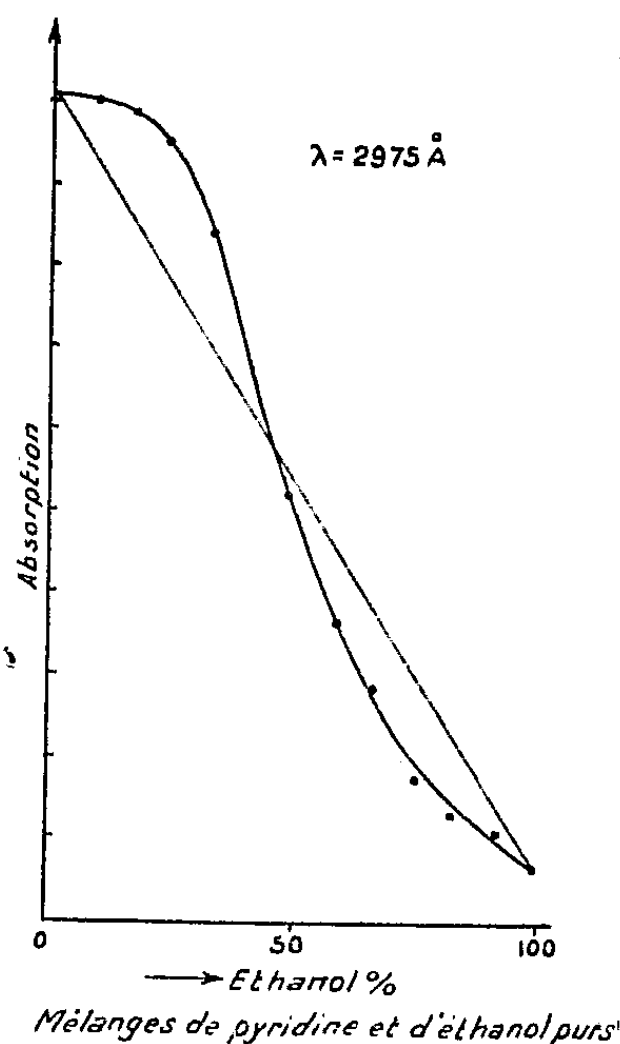


Fig. 1.

Pour déterminer la formule du complexe, nous avons opéré sur les corps en solution, dans un solvant non polaire (tétrachlorure de carbone, hexane), afin d'obtenir une plus grande liberté moléculaire.

Nous avons étudié systématiquement différents alcools et amines, par analogie avec le travail déjà cité ([3]).

Nous avons étudié les systèmes suivants : 1° dans l'hexane, éthanol, pyridine ; 2° dans le tétrachlorure de carbone, éthanol-pyridine, éthanol-paratoluidine, butanol tertiaire-pyridine, en utilisant pour chaque système des solutions équimoléculaires s'échelonnant de M/10 à M/500.

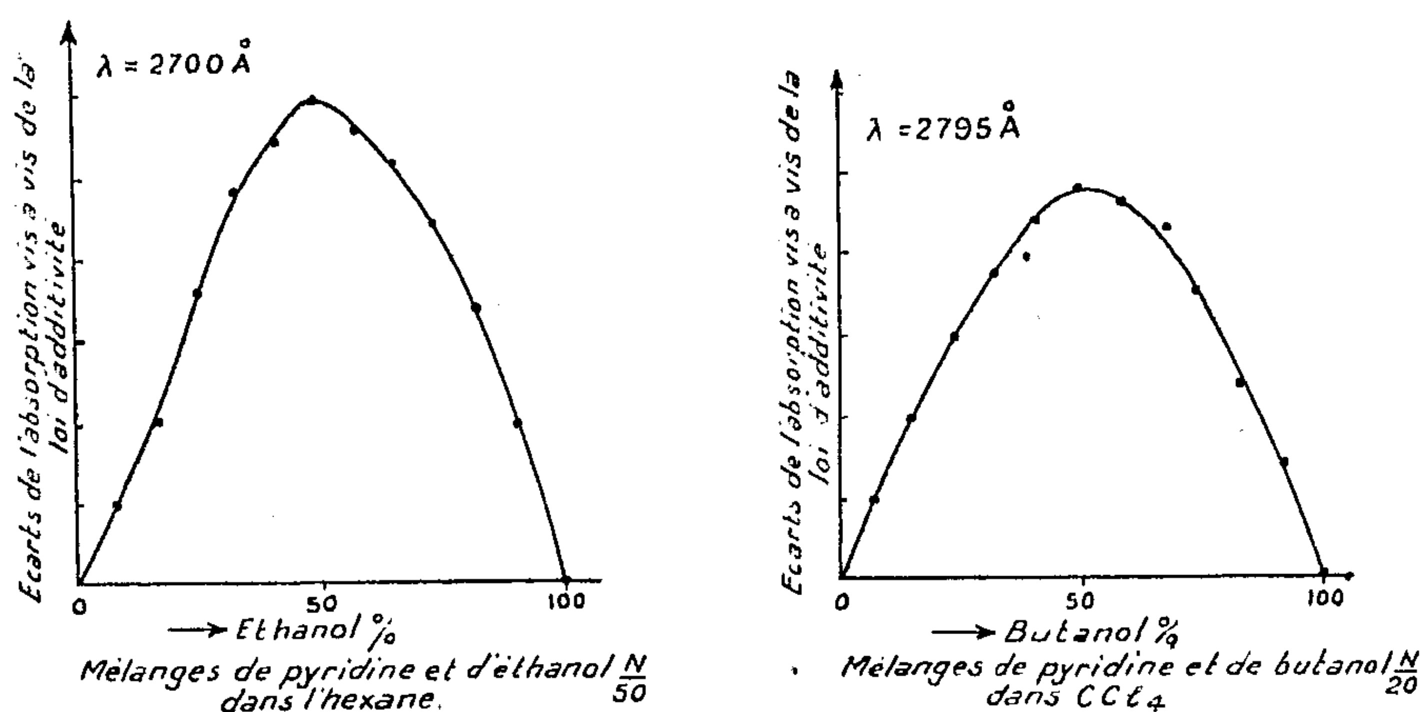


Fig. 2.

Indépendamment de la nature des corps, de leur concentration et de la longueur d'onde utilisée, la courbe des écarts avec la loi d'additivité présente toujours le même aspect : elle passe par un maximum fixe pour 50 % environ d'alcool en molécules (*fig.* 2).

On peut ainsi identifier en solution un seul complexe absorbant qui correspond à une molécule d'alcool pour une molécule d'amine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination par la méthode d'Onsager des moments polaires du thiophène et de quelques carbures éthyléniques.* Note de M. **Henry Lumbroso**, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis les travaux de Bottscher ([1]) on sait que la théorie d'Onsager ([2]) permet de déterminer de façon satisfaisante le moment électrique des molécules à partir de la constante diélectrique du liquide pur. Les moments ainsi déterminés, souvent supérieurs aux moments mesurés par la méthode des solutions diluées de Debye, correspondent sensiblement aux moments des gaz. Cette méthode est particulièrement recommandée pour l'étude des corps faiblement polaires.

([3]) S. Hatem, *Thèse*, 1947.

([1]) *Physica*, 6, 1939, p. 59.

([2]) *Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1486.

La théorie d'Onsager suppose le liquide non associé : dans le cas contraire le moment mesuré ne correspondrait plus au moment de la molécule libre, mais serait la moyenne statistique des moments de la molécule et du complexe d'association.

Les corps étudiés ayant une constante diélectrique faible (inférieure à 3) sont certainement peu associés. La méthode d'Onsager leur est donc applicable.

Partie expérimentale. — Les mesures ont été effectuées sur un échantillon de thiophène parfaitement purifié.

Les carbures éthyléniques ont été préparés et purifiés par M. Tuot, au laboratoire de la Faculté des Sciences de Dijon. Ils ont déjà donné lieu à une étude spectrographique infrarouge ([3]).

Nous avons appliqué la formule d'Onsager

$$\mu = 0,22.10^{-18}\sqrt{\frac{M}{d}\,\frac{2\varepsilon + n^2}{\varepsilon(n^2+2)^2}(\varepsilon - n^2)}\ \text{c. g. s.};$$

les lettres ont leur signification habituelle. n est l'indice de réfraction interne, correspondant à une longueur d'onde infinie; il a été soit mesuré expérimentalement (thiophène), soit calculé à partir des réfractions moléculaires pour les raies λ_α et λ_γ de l'hydrogène ([4]).

Résultats. — I. *Thiophène* : t 15°; d 1,072; ε 2,766; n_1 1,5278; n_2 1,5450; n_1 indice à 18° pour la raie verte du mercure; n_2 indice à 18° pour la raie violette du mercure; $n^2 = 2,551$; $\mu_{15°}$ 0,55 D.

II. *Carbures éthyléniques* (les mesures ont été effectuées à 20°).

	d.	ε.	n^2.	μ.D.
Méthyl-2 hexène-2	0,7870	2,962	2,084	0,92
Diméthyl-2.4 hexène-4	0,7402	2,650	1,991	0,91
Diméthyl-2.5 hexène-2	0,7321	2,431	1,977	0,77
Méthyl-3 heptène-2	0,7486	2,436	2,006	0,72
Ethyl-4 heptène-3	0,7908	2,475	2,076	0,70
Diméthyl-2.6 heptène-2	0,7977	2,606	2,092	0,81
Diméthyl-2.5 heptène-4	0,7474	2,343	2,000	0,69
Triméthyl-2.4.6 heptène-3	0,7421	2,293	1,994	0,70
Méthyl-5 nonène-4	0,7671	2,175	2,028	0,48

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS. — I. *Thiophène.* — Résultats comparables à ceux obtenus par d'autres méthodes.

II. *Carbures éthyléniques.* — A part le méthyl-2-hexène-2, le diméthyl-2.5-hexène-2 et le diméthyl-2.6-heptène-2, ces carbures éthyléniques sont des mélanges d'isomères *cis* et *trans*.

L'éthylène et les carbures éthyléniques symétriques ont un moment nul,

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 1943, p. 791.

([4]) LANDOLT-BORNSTEIN, *Phys. Tab.*, 5, 1926, p. 105.

ce qui montre la symétrie de la configuration électronique de la double liaison ([5]). Pour les composés non symétriques, les groupements faiblement polaires adjacents à la double liaison créent sur celle-ci (très polarisable) des moments induits. En raison de la faible polarité des substituants, il est légitime d'admettre que les isomères *cis* et *trans* ont un moment voisin. L'induction sur la double liaison ne suffirait pas à donner à la molécule un moment aussi élevé; on admettra que la molécule est en résonance avec des formes à liaisons semi-polaires et des formes ioniques, de moments élevés ([6]). Nos mesures montrent que l'accroissement du moment par suite de la résonance quantique ne dépasse pas 0,8 D.

Cette étude a montré que le moment des carbures éthyléniques liquides est à peu près constant et égal à 0,8 D. Ce moment est essentiellement dû à la résonance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques remarques sur l'indice de réfraction des solutions colloïdales*. Note (*) de M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Lord Rayleigh ([1]) a donné une formule permettant de calculer l'indice de réfraction d'un milieu trouble constitué par de petites particules sphériques, sans couleur propre, de petites dimensions par rapport à la longueur d'onde, en suspension dans le vide. Pour des particules en suspension dans un fluide d'indice n_0, la formule indiquée par Lord Rayleigh deviendrait

$$(1)\qquad \frac{n - n_0}{n_0} = \frac{D' - D}{2D}\varphi,$$

où n désigne l'indice de réfraction du milieu trouble, φ le volume total des particules contenues dans l'unité de volume du fluide et $(D' - D)/D$ un terme lié aux propriétés réfringentes de la matière constituant les particules et le fluide où elles sont en suspension. Pour des particules isotropes de forme sphérique, Lord Rayleigh indique que l'on a

$$(2)\qquad \frac{D' - D}{D} = 3\,\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2},$$

n_1 désignant l'indice de la matière constituant les particules.

La relation (1) peut être appliquée aux solutions colloïdales. Effectivement,

([5]) Smyth et Zahn, *Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2501.

([6]) Syrkin, Schott et Lvova, *Acta. Phys. Chim. U. R. S. S.*, 19, 1944, p. 379.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Philosophical Magazine*, 47, 1899, p. 375.

dans des recherches déjà anciennes ([2]), nous avons constaté par des mesures interférentielles que l'indice de réfraction d'une solution colloïdale est supérieur à celui du liquide intermicellaire, l'écart, pour des solutions colloïdales peu concentrées, étant sensiblement proportionnel à la concentration de ses granules.

D'une manière plus générale, si l'on désigne par a la limite vers laquelle tend l'expression $n - n_0/n_0\varphi$ lorsque φ tend vers zéro, le coefficient a peut servir à caractériser les propriétés réfringentes de la solution colloïdale.

Pour une solution colloïdale dont les granules sans couleur propre ont une forme sphérique, des relations (1) et (2) on tire aisément

(3) $$a = \frac{3}{2}\,\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2},$$

d'où l'on déduit la relation suivante (3) permettant de calculer l'indice de réfraction n_1 de la matière dispersée,

$$\frac{n_1^2}{n_0^2} - 1 = \frac{2a}{1 - \frac{2}{3}a}.$$

Pour une suspension de gomme-gutte à $0^g,218$ par litre, la comparaison interférentielle de son indice de réfraction avec celui du liquide intermicellaire avait fourni

$$n - n_0 = 16 \times 1,3.10^{-6} = 20,8.10^{-6}.$$

La densité des particules de gomme-gutte étant ([4]) 1,206, on a $\varphi = 0,181.10^{-3}$ et

$$\frac{n - n_0}{n_0\varphi} = 0,0863,$$

ce qui fournit $n_1 = 1,450$.

Pour une suspension de résine-mastic à $0^g,334$ par litre, on avait

$$n - n_0 = 23,4.10^{-6}.$$

La densité des grains de résine-mastic étant 1,063, le volume des particules contenues dans 1^{cm^3} de suspension est $\varphi = 0,313.10^{-3}$.

On en déduit

$$\frac{n - n_0}{n_0\varphi} = 0,0561,$$

([2]) Boutaric et Perreau, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 892 et *Revue des colloïdes*, 5, 1927, p. 658.

([3]) Par des considérations théoriques plus compliquées W. Heller (*Physical Review*, **68**, 1945, 2e série, p. 5) a établi la relation équivalente

$$n_1^2 = \frac{n_0^3 + 2b\,n_0^2(n - n_0)}{n_0 - b(n - n_0)} \qquad \text{avec} \quad b = \frac{2}{3\varphi}.$$

([4]) J. Perrin, *Ann. Chim. et Phys.*, **18**, 1909, p. 39.

et

$$n_1 = 1,406.$$

Dans la relation (1) φ désigne le volume occupé par les particules en suspension contenues dans l'unité de volume de la solution colloïdale. Si la matière constituant ces particules a fixé du solvant, ce qui peut être le cas pour des colloïdes hydrophiles en suspension dans l'eau, φ représente le volume occupé par les particules gonflées de solvant et n_1 leur indice dans le même état. En isolant les particules par ultrafiltration, on pourrait déterminer expérimentalement l'indice n_1 et la relation

$$\frac{n - n_0}{n_0} = \frac{3}{2}\,\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2}\,\varphi$$

permettrait de calculer φ et par suite, connaissant la concentration de la solution colloïdale et la densité de la matière dispersée prise à l'état sec, d'obtenir le coefficient de gonflement de la matière dispersée. Il serait intéressant de comparer les résultats ainsi obtenus avec ceux déduits des mesures de viscosité par application des relations d'Einstein ou de Kunitz.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude, par diffraction électronique, des vapeurs d'iodure d'argent.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Trillat** et M[lle] **Arlette Lalœuf**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Des recherches de Schæffer et Vonnegut ont montré qu'un certain nombre de composés, et plus particulièrement l'iodure d'argent, était capable de servir de germes de condensation solides pour la vapeur d'eau, dès que la température de celle-ci est inférieure à — 6° ou — 8° C. En vaporisant l'iodure d'argent au sein d'un nuage remplissant ces conditions, on parvient ainsi à déclencher la précipitation de la neige ou de la pluie.

Nous avons cherché à utiliser la diffraction électronique pour apporter quelques éclaircissements sur la structure des germes d'iodure d'argent présents dans la vapeur et sur le mécanisme de leur action précipitante. Nous avons pour cela utilisé la même technique que celle que nous avons employée pour l'étude des fumées de chlorure d'ammonium ([1]), et qui consiste à recueillir la fumée obtenue par chauffage de IAg sur une fine membrane de collodion servant de support, et à examiner ensuite le dépôt formé dans un analyseur électronique approprié (appareil Trüb Tauber). On pouvait faire varier la température du four servant à vaporiser IAg ainsi que la distance entre le produit et la membrane de collodion, ce qui revenait à une modification de la température de la fumée recueillie et de la vitesse de cristallisation.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 65.

On sait, grâce aux rayons X, que l'iodure d'argent possède trois formes cristallines : une forme hexagonale type

$$ZnO\left(a = 4,585\,Å - c = 7,490\,Å - \frac{c}{a} = 1,633\right),$$

une forme cubique type $ZnS(a = 6,473\,Å)$, toutes deux stables à la température ordinaire, et une forme cubique qui apparaît au-dessus de 146°C. ($a = 5,034\,Å$).

Nous sommes partis d'un iodure d'argent hexagonal, contrôlé par diffraction des rayons X. Nous avons constaté des variations dans l'aspect des diagrammes électroniques obtenus, souvent même en différents points d'une même préparation (diffusion et élargissement des raies); une étude plus approfondie permet de classer les très nombreux clichés obtenus en trois groupes principaux :

a. Diagrammes ne montrant que la forme hexagonale. — Ils sont observés lorsque la fumée recueillie est à une température nettement inférieure au point de transformation. Les calculs conduisent à une maille hexagonale type ZnO avec $c/a = 1,633$, en accord parfait avec les rayons X pour des cristaux macroscopiques.

Ce résultat n'est d'ailleurs pas absolument rigoureux; il dépend également d'autres variables telles que la température de la pièce et l'état hygrométrique de l'air ambiant. Par temps humide, par exemple, la forme cubique apparaît également.

b. Diagrammes constitués par un mélange de la forme hexagonale et de la forme cubique. — C'est le cas le plus fréquent, se produisant principalement lorsque la vitesse de cristallisation est plus grande. La forme cubique déterminée d'après les diagrammes correspond à une maille cubique faces centrées ($a = 5,12\,Å$), qu'on ne peut donc pas identifier avec la forme cubique stable à froid; d'autre part, elle se différencie nettement de la forme cubique stable à chaud. Nous avons prouvé, par des expériences de contrôle, qu'il ne pouvait pas s'agir de l'iode cristallisée, de l'argent, de Ag_2O, de $AgIO_4$, de Ag_2S ou de I_2O_5; il ne s'agit pas non plus d'une transformation due à l'action chimique des électrons, comme cela a lieu pour BrAg [2]. Il n'a pas été possible jusqu'ici d'identifier avec certitude les cristaux cubiques qui se forment dans ces conditions; les diverses hypothèses seront discutées dans un autre mémoire [3].

Enfin la forme cubique stable à froid (type ZnO) n'apparaît jamais sur aucun diagramme électronique.

---

[2] J.-J. TRILLAT et R. MÉRIGOUX, *Journ. Physique*, 7, n° 12, déc. 1936, p. 497.

[3] J.-J. TRILLAT et A. LALOEUF, *Étude, par diffraction électronique, de la structure des fumées d'*IAg *et de* NH_4Cl, [*Colloque Perrin-Langevin*, nov. 1948 (sous presse) et *Journ. Ch. Phys.* (sous presse)].

c. Diagrammes diffus constitués par les deux formes précédentes. — On les observe pour une vitesse de cristallisation encore plus grande.

En conclusion, le fait essentiel qui résulte de cette étude est que la vapeur d'iodure d'argent comporte toujours une proportion plus ou moins grande d'iodure hexagonal. Or, celui-ci a un réseau extrêmement voisin de celui de la glace (réseau hexagonal de la glace : $a = 4{,}535$, $c = 7{,}41$, $c/a = 1{,}64$ à $-20°$C.); il est donc naturel d'admettre que la production de neige ou de pluie artificielle par l'iodure d'argent est due essentiellement à un *phénomène d'épitaxie.*

L'examen par diffraction électronique de telles fumées permet de préciser les conditions dans lesquelles on peut espérer obtenir un meilleur rendement; bien entendu, une étude approfondie devra tenir compte d'un grand nombre de variables dont nous n'avons signalé que quelques-unes. On pourrait aussi par cette méthode étudier les autres corps qui ont été proposés (iodure de plomb, iodoforme, oxyde de cerium) et peut-être aussi en découvrir d'autres susceptibles de servir de germes pour la formation de neige ou de pluie artificielles.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique et catalyse de la réaction* $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$. Note (*) de MM. **Robert Stumper** et **Frédéric Classen**, présentée par M. Louis Hackspill.

Continuant nos recherches [1], nous avons étudié l'évolution simple et activée du couple réactionnel $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2$, à 20°, par la mesure des variations de la concentration $[Ca^{\cdot\cdot}]$ en fonction du temps dans des solutions aux concentrations initiales de 1,47, 2,52 et 3,80 m-ion-g/l. Bien qu'il s'agisse d'un système hétérogène, nous avons établi la loi cinétique par le calcul des ordres de réaction 1, 2 et 3. Alors que les valeurs des constantes de vitesse pour les ordres 1 et 2 variaient fortement, celles pour l'ordre 3 furent bien uniformes. Ainsi la solution à 2,52 m-ion-g/l a donné une valeur moyenne de $K_3 = 0{,}00278$ (avec les extrêmes de 0,00290 et 0,00265). On a obtenu le même ordre par la méthode différentielle [2].

La solution à la concentration initiale de 3,80 m-ion-g/l a confirmé cet ordre, mais le système plus dilué (1,47 m-ion-g/l), réagissant trop lentement, n'a pas permis de retrouver cette loi.

La réaction étudiée, étant du troisième ordre par rapport à $[Ca^{\cdot\cdot}]$, obéit à

(*) Séance du 8 décembre 1948.

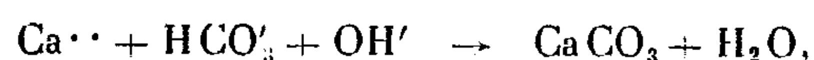
(1) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 226; *Chim. Industrie*, 32, 1934, p. 1023; *Bull. Soc. chim. Belg.*, 44, 1935, p. 176.

(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1222.

la loi cinétique :

$$\frac{d[\mathrm{Ca}^{\cdot\cdot}]}{dt} = \mathrm{K}_3[\mathrm{Ca}^{\cdot\cdot}]^3,$$

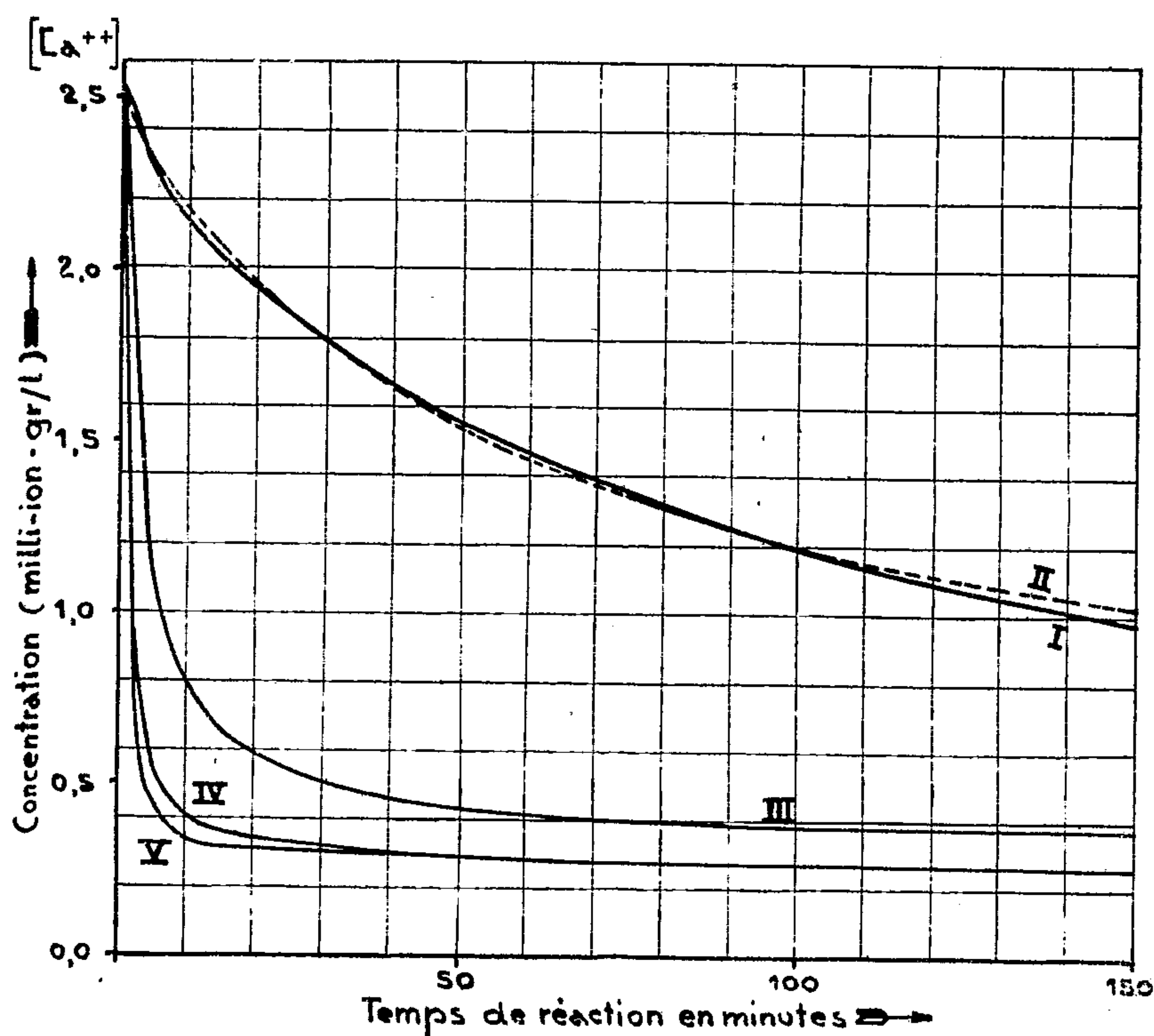
si les concentrations relatives remplissent la condition $[\mathrm{Ca}^{\cdot\cdot}]=[\mathrm{HCO}'_3]=[\mathrm{OH}']$. Elle s'avère donc tri-ionique et peut s'écrire :



$$\mathrm{Ca}^{\cdot\cdot} + \mathrm{HCO}'_3 + \mathrm{OH}' \rightarrow \mathrm{CaCO}_3 + \mathrm{H}_2\mathrm{O},$$

ce qui, bien entendu, ne préjuge rien de son mécanisme intime. Nous avons pu vérifier le caractère tri-ionique sur des solutions à concentrations inégales de $\mathrm{Ca}^{\cdot\cdot}$, HCO'_3 et OH', obtenues par l'addition de CaSO_4 et en remplaçant $\mathrm{Ca(OH)}_2$ par NaOH.

L'activateur le plus énergique de la réaction est CaCO_3 qui, par l'introduction de germes de la phase solide naissante, supprime la période d'induction et accélère la réaction globale. Sur le diagramme ci-contre nous avons réuni quelques courbes de progression pour la solution à 2,52 m-ion-g/l :



la courbe I représente l'allure expérimentale, la courbe II donne l'allure théorique, calculée avec $k_3 = 0,00278$ et les courbes III, IV et V montrent la progression de la réaction, catalysée par l'addition de 0,1, 0,5 et 1 g/l de CaCO_3 pulvérisé.

Les taux d'accéléralion, calculés à partir des périodes de demi-réaction, et rapportés à la réaction non activée, ont été les suivants :

Concentration initiale.	Addition de $CaCO_3$.	Taux d'accélération.
1,47 m-ion-g/l	1,0 g/l	167,0
2,52 »	0,1 »	20,7
2,52 »	0,5 »	47,3
2,52 »	1,0 »	53,2
3,80 »	1,0 »	4,0

La réaction étudiée, base de l'élimination de la dureté temporaire des eaux, obéit à la loi cinétique :

$$\frac{d[CA^{\cdot\cdot}]}{dt} = k[Ca^{\cdot\cdot}][HCO'_3][OH'].$$

Elle peut être très considérablement accélérée par l'addition de $CaCO_3$, agissant comme germes de la précipitation; cette action, susceptible d'applications pratiques, est d'autant plus marquée que la concentration en $Ca(HCO_3)_2$ est plus faible.

ÉLECTROCHIMIE. — *Contribution à l'étude des courbes énergie-distances des complexes électrode-ion intervenant dans le processus d'électrode.* Note (*) de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Paul Pascal.

L'interprétation de la théorie de la surtension de R. Audubert ([1]) par les courbes énergie-distance des complexes électrode-ion sec et électrode-ion solvaté s'est montrée très féconde et a permis d'expliquer et de faire rentrer dans le cadre de la théorie, des faits nombreux qui semblaient s'en écarter ([2]). Cette théorie a maintenant reçu un assez grand nombre de vérifications pour que l'on puisse se préocuper de déterminer expérimentalement les caractéristiques des courbes énergie-distance.

Il est en effet possible de connaître la disposition relative de ces deux courbes et le rapport de leurs paramètres en les identifiant avec des paraboles au voisinage de la position d'énergie minima du complexe qu'elles représentent.

Pour la clarté de ce qui va suivre, il est nécessaire de rappeler brièvement l'interprétation théorique des processus de décharge et d'ionisation à partir de ces courbes.

Les courbes énergie potentielle-distance des complexes ion sec et ion solvaté-électrode ont une forme générale connue représentée à la figure 1. Les points A et B caractérisent les positions d'équilibre de l'ion par rapport à l'électrode. Les énergies W_0 et W'_0 représentent les énergies d'activation nécessaires à

(*) Séance du 29 novembre 1948.

([1]) *J. Chem. Phys.*, **21**, 1924, p. 351 ; *J. Phys. et Radium.* 3, 1942, p. 81.

([2]) Bonnemay, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 76-78; **222**, 1946, p. 1222-1224; **222**, 1946, p. 793-795; *J. Chem. Phys.*, **41**, 1944, p. 218; **44**, 1947, p. 187.

l'ion pour se décharger, ou à l'atome pour passer en solution. Quand le courant est nul, le potentiel électrode-solution a une certaine valeur; quand le courant est différent de zéro, ce potentiel change; la différence avec le potentiel à courant nul est la surtension η. L'énergie d'activation (1) devient $W' = W'_0 + \beta F\eta$ pour le processus d'ionisation et $W = W_0 - \alpha F\eta$ pour le processus de décharge F représentant le Faraday.

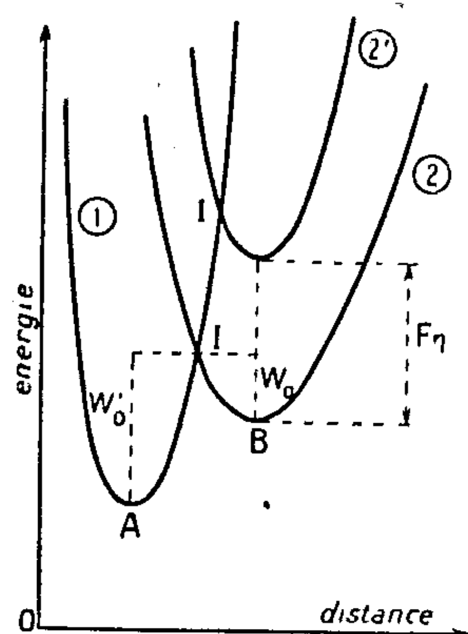


Fig. 1.

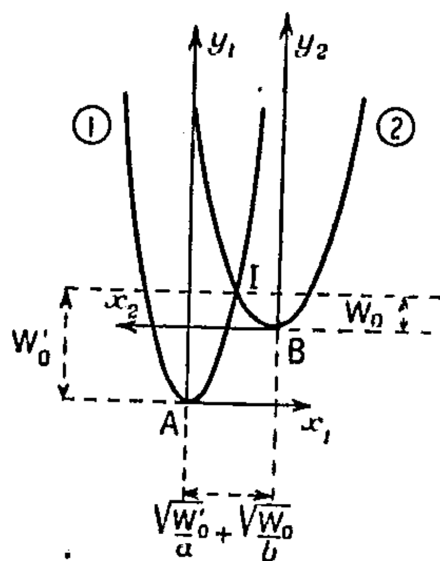


Fig. 2.

α et β peuvent s'exprimer théoriquement en fonction des pentes des courbes d'énergie à leur point d'intersection. Tant que la surtension n'est pas trop importante on peut considérer que la courbe (2') qui correspond à la surtension η, se déduit par une translation parallèle à l'axe des énergies (et d'amplitude ηF) de la courbe (2) qui correspond à la surtension zéro.

Considérons la courbe 1 assimilée comme il a été dit à une parabole autour du point A. Prenons l'origine en ce point; son équation sera (*fig.* 2)

$$y_1 = a_1 x_1^2.$$

Pour la courbe 2, en prenant l'origine en B, l'équation sera

$$y_2 = b x_2^2.$$

La disposition relative des deux paraboles est donnée par la connaissance des énergies W_0 W'_0, mesurables expérimentalement, la première par voie électrochimique ([3]), la seconde récemment obtenue par Kayas ([4]) dans l'étude de la dissolution du cuivre marqué. On a donc au point I,

$$W' = a x_1^2, \qquad |x_1|_1 = \sqrt{\frac{W'_0}{a}}; \qquad W = b x_2^2, \qquad |x_2| = \sqrt{\frac{W}{b}},$$

mais on a, par ailleurs, suivant ce qui a été rappelé plus haut,

$$\sqrt{\frac{W'}{a}} + \sqrt{\frac{W}{b}} = \text{const.},$$

([3]) Bonnemay et Hamelin, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 176-177.
([4]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2144-2146.

soit

$$\frac{1}{2\sqrt{a}}\frac{dW'}{W'}+\frac{1}{2\sqrt{b}}\frac{dW}{W}=0.$$

Les formules (1) donnent : $dW=-\alpha F\,d\eta$; $dW'=\beta F\,d\eta$. α, β et $d\eta$ sont mesurables expérimentalement, d'où

$$\frac{\beta}{\sqrt{W'a}}=\frac{\alpha}{\sqrt{Wb}},\qquad \frac{a}{b}=\frac{\beta^2}{\alpha^2}\frac{W}{W'}.$$

Dans l'état actuel d'expérimentation, le calcul peut être effectué pour l'amalgame de cuivre $a/b=9,5$.

Il est nécessaire de remarquer que les valeurs obtenues dépendent de la différence de potentiel admis entre l'électrode de référence et la solution qui ont été utilisées dans la mesure de la grandeur W_0. Par suite, si une mesure absolue de ce potentiel pouvait être faite, il y aurait sans doute lieu de corriger les chiffres obtenus d'une quantité constante.

Tels quels, les résultats présentent donc l'intérêt de permettre la comparaison entre les différents métaux et, pour un même métal entre les différents électrolytes. La restriction qui vient d'être signalée n'entame nullement la validité de la méthode proposée, qui ne dépend évidemment pas de la manière dont les énergies d'activation sont déterminées.

THERMOCHIMIE. — *Sur la chaleur de combustion du sulfure de carbone.* Note (*) de M. **Henri Guérin**, Mme **Marthe** et M. **Jacques Bastick** et M. **Jean Adam-Gironne**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les chaleurs de combustion du sulfure de carbone suivant la réaction



(I) $$CS_2\,\text{gaz}+3O_2=CO_2+2SO_2$$

indiquées par Berthelot (1) d'une part et Thomsen (2) d'autre part, sont assez différentes puisque le premier de ces auteurs a trouvé 253 k/cal par des déterminations opérées dans une bombe calorimétrique, tandis que le deuxième a obtenu 265,1 k/cal en effectuant des essais, sous pression constante, dans un appareil rappelant le calorimètre de Junkers. Étant donné ces divergences, nous avons cru utile de procéder à de nouvelles mesures.

Nous avons fait des essais de combustion dans une bombe d'environ 500^{cm^3} et dont la masse en eau atteignait 2724^g, en présence d'oxygène pur, sous une pression de 7^{kg}, et en opérant sur des quantités de sulfure de carbone de l'ordre de $0^g,5$. Le sulfure de carbone était pesé dans une ampoule scellée qui se

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) *Ann. Chim. Phys.*, (5), 23, 1881, p. 209-214.

(2) *Ber.*, 16, 1883, p. 2616-2619.

brisait spontanément lors du remplissage de la bombe par l'oxygène quand la pression dans celle-ci atteignait 4^{kg}. Un séjour suffisant de la bombe dans le calorimètre rempli d'eau, permettait la vaporisation complète du sulfure de carbone introduit, avant l'inflammation du mélange, dont les proportions satisfaisaient aux conditions exigées par les limites d'inflammabilité.

Cette vaporisation totale préalable du sulfure de carbone est absolument nécessaire pour réaliser une combustion complète, car les divers essais effectués sur des quantités supérieures, dans le but d'obtenir une précision plus grande, ont échoué : ils ont toujours conduit à une combustion incomplète se manifestant notamment par la formation d'un dépôt de soufre.

L'analyse des gaz obtenus a montré que la combustion avait lieu avec production simultanée d'anhydride sulfureux et d'anhydride sulfurique dans des proportions variables, et qu'il était par conséquent indispensable de compléter la mesure calorimétrique par une analyse de gaz, pour déterminer la chaleur de combustion suivant la réaction (I). Nous avons, de plus, tenu à doser l'anhydride carbonique dans ces gaz pour nous assurer que la combustion était bien complète et qu'il ne s'était pas formé d'oxyde de carbone ou d'oxysulfure de carbone; la possibilité d'une combustion incomplète, au cours des essais de Berthelot opérés comme les nôtres à volume constant avait, en effet, été envisagée par Thomsen.

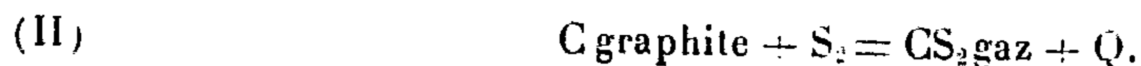
Trois essais, successivement effectués, nous ont permis de calculer les valeurs suivantes (en prenant pour chaleur d'oxydation de l'anhydride sulfureux en anhydre sulfurique + 23,49 kcal) (³)

265,8; 266,6; 265,1 kcal.

La valeur moyenne, ainsi obtenue, 265,8 kcal, sur laquelle l'erreur probable est de 2 kcal est en accord avec le résultat de Thomsen.

Nous avons essayé de comparer les résultats de cette détermination directe avec les valeurs résultant des études spectroscopiques de plusieurs équilibres faites par différents auteurs.

Les données de Cross (⁴) permettent, en effet, de calculer la chaleur de formation du sulfure de carbone à 298°,1 K, suivant la réaction



(II) $$C_{graphite} + S_2 = CS_2\,gaz + Q.$$

D'après cet auteur (⁴), la variation d'énergie libre ΔF correspondant à cette réaction est

$$\Delta F_{298,1} = -3,75\ \text{kcal}.$$

(³) W. H. STOCKMAYER, G. M. KAVANAGH et M. S. MACKLEY, *J. of Chem. Phys.*, **12**, 1944, p. 411.

(⁴) *J. of Chem. Phys.*, **3**, 1935, p. 821-827.

De plus, il donne comme valeurs d'entropies

$$S_{S_2 298,1} = 54,42 \text{ u. e.} \quad (^5); \qquad S_{CS_2 298,1} = 56,84 \text{ u. e.} \quad (^4).$$

En ajoutant la valeur 1,39 u. e. fournie par Nernst pour l'entropie du graphite, nous obtenons la variation d'enthalpie correspondant à la réaction (II);

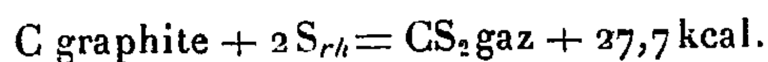
$$\Delta H_{298,1} = \Delta F_{298,1} + 298,1\, \Delta S_{298,1} = -3,45 \text{ kcal},$$

d'où, pour la réaction (II), Q = 3,45 kcal à 298°,1 K.

La connaissance de l'effet thermique de la transformation

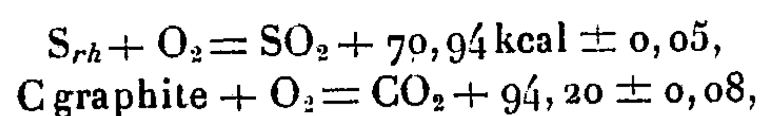
$$S_2 = 2\,S_{rh} + 31,1 \text{ kcal} \quad (^6)$$

permet de connaître la chaleur de réaction (II) quand on substitue à la vapeur de soufre le soufre rhombique



$$\text{C graphite} + 2\,S_{rh} = CS_2 \text{gaz} + 27,7 \text{ kcal}.$$

En utilisant les valeurs déterminées avec une grande précision pour les combustions du soufre (7) et du graphite (8)



$$S_{rh} + O_2 = SO_2 + 70,94 \text{ kcal} \pm 0,05,$$
$$\text{C graphite} + O_2 = CO_2 + 94,20 \pm 0,08,$$

on trouve pour la chaleur de combustion du sulfure de carbone gazeux, sous pression constante : 263,8 kcal, ou sous volume constant : 263,2 kcal, valeur en bon accord avec celle : 265,8 kcal, mesurée directement par l'essai calorimétrique à la bombe.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Équilibres électrolytiques entre ions, molécules simples et molécules condensées.* (III) Point isohydrique *et constitution des borates et polyborates en solution aqueuse.* Note de M. **Georges Carpéni**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le point isohydrique, défini pour la première fois dans une Note antérieure (1), a fait, depuis, l'objet d'une publication plus détaillée (2), avec, en particulier, une application aux équilibres germaniques. Pour des raisons déjà exposées (3), la méthode du point isohydrique a encore été utilisée pour l'étude des solutions aqueuses contenant de l'acide borique et des borates.

---

(5) *J. of Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 169.
(6) A. R. Gordon, *J. of Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 337.
(7) J. R. Eckmann et F. D. Rossini, *Bureau of Standards J. Res.*, 3, 1929, p. 597.
(8) F. D. Rossini, *Bureau of Standards J. Res.*, 13, 1934, 27.

(1) Carpéni, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 807.
(2) Carpéni, *Bull.*, 1948, p. 629-637.
(3) *Voir* (2), p. 630, et aussi Carpéni, *Bull.*, 1948, p. 505 (Communication).

La connaissance des équilibres qui s'y établissent est essentielle, non seulement pour bien comprendre les phénomènes de condensation ⇌ dégradation des borates *en solution*, mais encore pour élucider la constitution des borates *solides*. Tout comme dans d'autres systèmes, plus ou moins semblables, les équilibres (isopoly) boriques présentent le *caractère d'unicité* résultant des propriétés communes à tous les borates à l'état dissous : la grande diversité des sels solides disparaît en solution par suite d'équilibres pratiquement identiques. Cependant, les borates cristallisés obtenus à partir de leurs solutions aqueuses ([4]), ou les borates naturels, dans lesquels l'eau joue également un rôle fondamental, présentent des compositions et des structures assez variées. Étant donné leur formation en milieux aqueux, il est évident que la composition et la constitution des *solutions* doivent normalement retentir sur la composition et la structure des *sels cristallisés*. C'est surtout en vue d'établir les relations entre borates en solution et solides cristallisés que la présente étude a été entreprise.

Étude des solutions par la méthode du point isohydrique. — Les solutions boriques conduisent à un point isohydrique, d'autant plus net que les liqueurs initiales, servant aux dilutions successives, sont plus concentrées ([5]). Ne pouvant insister ici sur des détails expérimentaux, qui seront publiés ailleurs prochainement, nous nous limiterons à l'indication sommaire des principales caractéristiques. A 20°, des solutions, pratiquement saturées d'acide borique de concentration c_0, sont diluées dans des rapports pouvant aller jusqu'à $c_0/100$ (et même $c_0/1000$). Les courbes de titrage à la potasse, $pH = f([KOH])$, obtenues, à l'électrode de verre, dans les conditions habituelles, forment un réseau à point de convergence isohydrique I d'abscisse $x_1 \# 0,4$ équiv. $[K^+]/[B]$, d'ordonnée $y_1 = pH\,8,95$ ([6]).

D'après nos conceptions précédemment exposées ([1]), ([2]), ([3]), le point isohydrique nous révèle, par sa seule présence, l'existence d'un équilibre *unique* de condensation ⇌ dégradation entre *deux* formes intimement interdépendantes d'une même molécule chimique et nous conduit ainsi à énoncer le postulat signalé ([3]). Dans le cas présent, il nous *oblige* à admettre : 1° que dans les solutions boriques il existe un équilibre entre molécules et ions mono- et

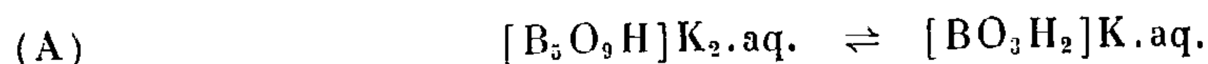
---

([4]) Dans cette étude, il ne sera question que de *ces* sels, à l'exclusion de tous ceux formés, par exemple, par fusion ou encore en milieu anhydre.

([5]) Bien que ce point de concours soit nettement visible sur des graphiques publiés antérieurement (Carpéni et Souchay, *J. chim. phys.*, 42, 1945, p. 159), aucune attention particulière ne lui avait alors été portée; la signification que je lui attache actuellement n'a été dégagée que plus tard, ce qui d'ailleurs *entraîne une modificatian des conclusions primitives*.

([6]) Ce point I apparaît aussi bien avec les solutions, ici examinées, d'acide borique *pur*, qu'avec celles contenant des sels neutres en quantité massive, par exemple KCl, M; l'ordonnée y_1 seule peut être légèrement différente, ce qui est tout à fait secondaire.

isopolyboriques; 2° que cet équilibre a lieu *exclusivement* entre les deux formes suivantes de la même molécule fondamentale $B(OH)_3$,



(A) $[B_5O_9H]K_2.aq. \rightleftharpoons [BO_3H_2]K.aq.$

Si des équilibres entre molécules et ions mono- et polyboriques sont depuis longtemps déjà universellement admis (7), la nature des réactions en jeu est encore fort discutée. Généralement on suppose l'existence d'équilibres *simultanés*, plus ou moins complexes, entre au moins *trois* formes mono-, tétra- et pentaboriques. Les résultats nouveaux qui viennent d'être présentés ont au moins l'avantage de la simplicité; ils révèlent en outre la présence inattendue, dans l'équilibre (A), d'un composé $[B_5O_9H]K_2$ (8). Les conséquences qui en résultent, non seulement s'accordent très bien avec l'ensemble de nos connaissances les plus récentes concernant les borates, mais encore nous suggèrent des mécanismes réactionnels logiques et des structures moléculaires nouvelles, plus satisfaisantes que les anciennes. C'est ce que nous espérons montrer prochainement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la pyrolyse du nitrure* NFe_2; *nitrures de fer inférieurs, réduction par l'hydrogène*. Note (*) de MM. **André Chrétien** et **Marcel Mathis**, présentée par M. Paul Lebeau.

La découverte d'un nitrure défini de fer NFe_2 remonte à Berthollet et à Thénard (1). Depuis, des études physiques diverses l'ont concerné, dont la détermination par plusieurs auteurs de la structure cristalline, qui est hexagonale. Mais la connaissance chimique de ce corps reste à élucider; en particulier sa pyrolyse.

Le composé pur NFe_2 est obtenu par action d'un lent courant d'ammoniac (5 cm/s) sur du fer en poudre produit par dissociation du carbonyle $(CO)_5Fe$, à 420° après 20 heures, soit 1g,125 au départ de 1g de fer. Il a été identifié par son titre en azote (11,4 %) et par son spectre de rayons X.

(7) Parmi les nombreux travaux parus sur le sujet, notons, en dehors de ceux signalés dans l'article de Chrétien, sur le Bore (*Traité de Chimie minérale* de Pascal, IV, 1933, p. 578-581), quelques publications plus récentes : *a*. Hackspill, Kieffer, *Ann. chim.*, **14**, 1930, p. 227; *b*. Hackspill, *Helv. chim. Acta*, **16**, 1933, p. 1099; *c*. Menzel, *Z. anorg. chem.*, **219**, 1934, p. 35; *d*. Menzel, Schulz, Deckert, *Z. anorg. chem.*, **220**, 1934, p. 49; *e*. Ferrari, Cicciòli, *Gazz. chim. ital.*, **68**, 1938, p. 21; *f*. Thygesen, *Z. anorg. chem.*, **237**, 1938, p. 101; *g*. Hibben, *The Raman effect*, 1939, p. 430-39; *h*. Menzel, Schulz, *Z. anorg. chem.*, **245**, 1940, p. 157 et **251**, 1943, p. 167.

(8) Les sels potassique et sodique sont pourtant connus depuis Auger (*Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1602), qui, le premier, a pu les isoler à l'état cristallisé.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) Berthollet, *Ann. Chim. et Phys.*, **67**, 1808, p. 218; Thénard, *Ann. chim. et Phys.*, **85**, 1813, p. 61.

La pyrolyse est faite à température constante dans le vide, après des essais d'orientation à température linéairement croissante.

La mesure de la pression d'azote libéré permet de suivre le phénomène. La représentation graphique utilise la perte de poids du nitrure (qui se déduit de la pression) en fonction du temps. La pyrolyse totale correspond à une perte fixe, alors que la pression qu'elle crée varie avec la température. Les résultats sont ainsi comparables dans tout le domaine de température considéré.

Quatre isothermes de pyrolyse sont réunies dans la figure 1.

La perte d'azote se fait toujours en deux stades, séparés par un arrêt temporaire dont la durée augmente quand la température baisse. Cette durée dépasse plusieurs jours à 300° (isotherme non représentée). Le premier stade est beaucoup plus rapide que le second.

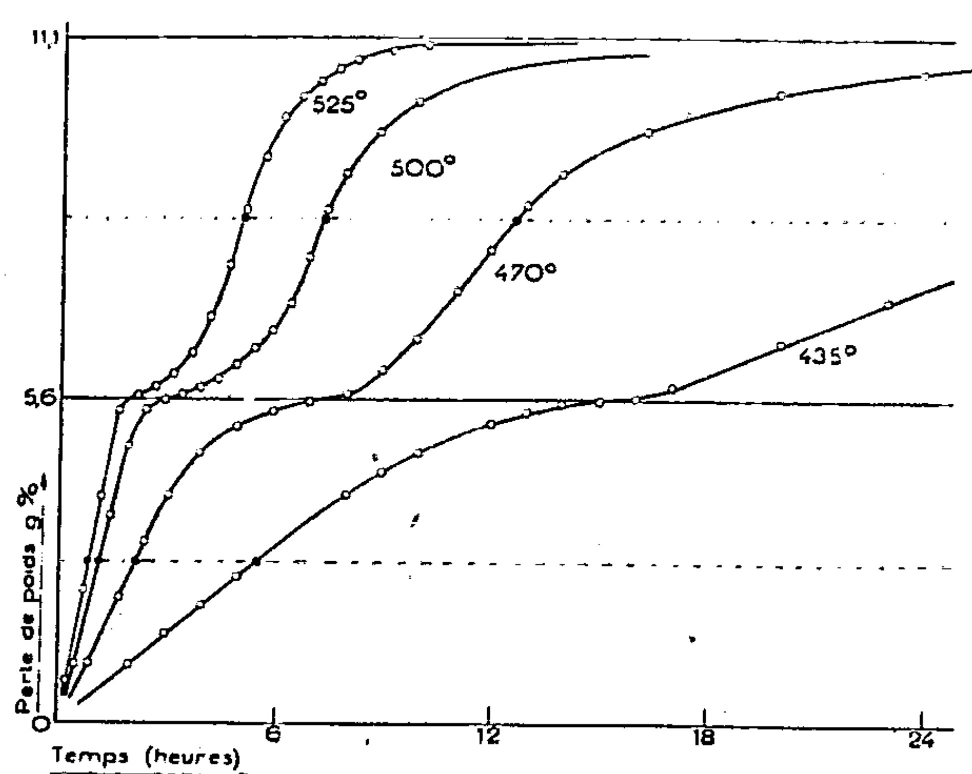


Fig. 1.

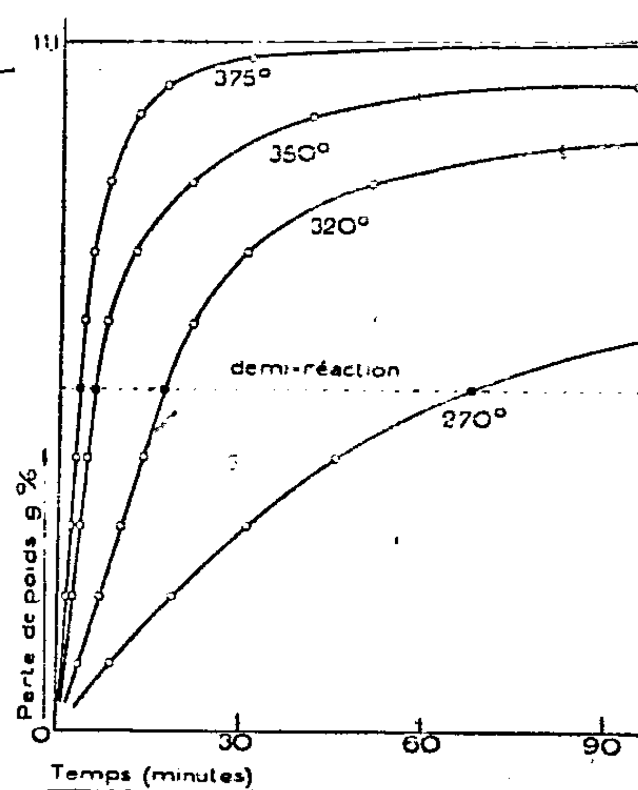


Fig. 2.

Le palier d'arrêt temporaire marque une perte fixe, indépendante de la température : 5g,6 %. Ce fait établit le passage par un composé défini, de formule NFe_4.

Le nitrure ainsi obtenu s'identifie par son spectre de rayons X avec celui décrit par Brill (2) et Hägg (3). Il est cubique. Cinq jours sont nécessaires pour le passage quantitatif de NFe_2 à NFe_4 à 380°.

Si la pyrolyse de NFe_2 est faite à température suffisamment basse, un nouvel intermédiaire se manifeste qui précède NFe_4.

L'isotherme montre un palier, relativement court, pour une perte de 3g,43 %. C'est le cas à 350°; cet arrêt est obtenu après 22 jours, il se prolonge un jour. Le nitrure NFe_4 est atteint ensuite, mais une centaine de jours est nécessaire pour la transformation complète.

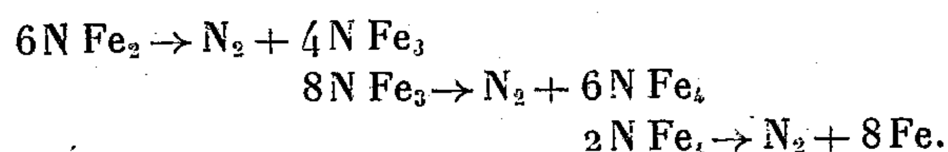
(2) *Z. Kryst.*, **68**, 1928, p. 379.
(3) *Nature*, **122**, 1928, p. 314.

Le nitrure inférieur ainsi révélé a pour formule NFe_3.

Hägg (³) a envisagé l'existence d'un tel corps pour expliquer certaines particularités des spectres de rayons X obtenus.

Toutes les réactions de pyrolyse précédentes sont irréversibles. En effet, la pression varie linéairement par refroidissement.

On peut donc les écrire

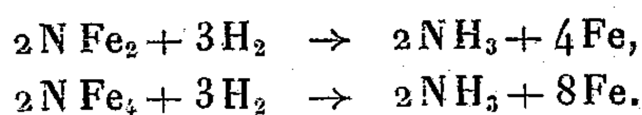


$$6NFe_2 \rightarrow N_2 + 4NFe_3$$
$$8NFe_3 \rightarrow N_2 + 6NFe_4$$
$$2NFe_4 \rightarrow N_2 + 8Fe.$$

2° Les nitrures NFe_2 et NFe_4 donnent une perte de poids continue par action d'un courant d'hydrogène, de vitesse constante, à température fixée. Dans les deux cas l'azote passe quantitativement en ammoniac.

Le phénomène est suivi avec précision en mesurant le temps nécessaire pour neutraliser une quantité donnée d'acide chlorhydrique (N/10). Il lui correspond un réseau d'isothermes (*fig.* 2).

Le passage du nitrure NFe_2 au fer ne marque donc aucun arrêt intermédiaire en présence d'hydrogène



$$2NFe_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + 4Fe,$$
$$2NFe_4 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + 8Fe.$$

3° La température minimum nécessaire à la pyrolyse ou à la réduction (*seuil*) est très bien déterminée en utilisant les temps relatifs à la moitié de la perte d'azote.

Pour chacun de ces deux phénomènes, ces temps donnent une bonne fonction exponentielle de la température, et une droite logarithmique bien définie. On trouve ainsi que la pyrolyse débute à 330° pour NFe_2 et à 370° pour NFe_4. Pour l'action de l'hydrogène, les seuils sont respectivement 205° et 210°.

En résumé, la pyrolyse isotherme du nitrure NFe_2 libère la totalité de l'azote par deux étapes non réversibles : NFe_3 et NFe_4.

La première n'est accessible qu'à température suffisamment basse.

Cette pyrolyse ne se fait pas avant 330°.

L'action de l'hydrogène conduit au fer directement avec passage quantitatif de l'azote en ammoniac.

Elle débute dès 205°.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'existence de petits cristaux isolés dans les monocristaux métalliques de recristallisation et leurs relations d'orientation.* Note (*) de MM. **Paul Lacombe** et **Aurel Berghezan**, présentée par M. Albert Portevin.

A la surface des monocristaux métalliques préparés par recristallisation après écrouissage critique, on observe fréquemment de très petits cristaux

(*) Séance du 20 décembre 1948.

isolés. Ceux-ci résistent à leur absorption par le gros cristal qui les entoure, même au cours de chauffages prolongés. Nous les appellerons cristaux *insulaires*.

De l'examen d'un grand nombre de cristaux uniques d'aluminium, de fer et de solution solide aluminium-zinc, nous avons conclu que l'existence de ces cristaux insulaires ne se limitait pas au seul cas signalé récemment par Burgers ([1]), et qui les désigne par le nom d'inclusions, sur l'aluminium. Les petits cristaux isolés et les cristaux uniques environnants étaient en position approximative de macle (à 5° près).

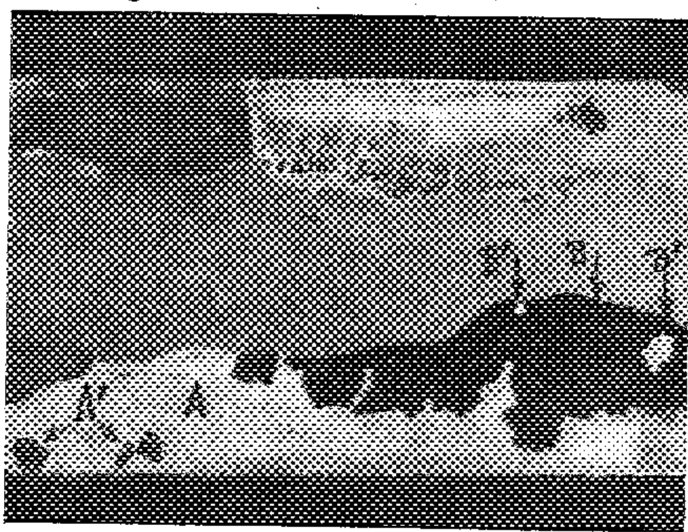


Fig. 1. — Petits cristaux A′ et B′ en position de macle rigoureuse par rapport à deux gros cristaux A et B d'aluminium, eux-mêmes maclés. G. = 2.

Nous avons observé plusieurs autres relations d'orientation qui ont été déterminées soit par les figures de corrosion ([2]), soit par les diagrammes de Laue par réflexion.

1° Les cristaux *insulaires* sont en position rigoureuse de macle par rapport au cristal unique : le plan de macle est (111) pour les cristaux d'aluminium et (112) pour ceux de fer. La figure 1 montre plusieurs petits cristaux A′ et B′ en position rigoureuse de macle par rapport à deux gros cristaux A et B, eux-mêmes en macle.

2° Les cristaux insulaires ont une orientation voisine de celle du cristal environnant (à 2 ou 3° près). Ils sont caractérisés par une forme généralement circulaire et par la difficulté de mettre en évidence leurs contours par attaque micrographique par suite de leur similitude d'orientation avec le cristal unique voisin ([3]). Pour l'aluminium, ils sont facilement décelés par une plus grande réactivité vis-à-vis de l'eau régale fluorée.

3° Les cristaux insulaires ont une orientation quelconque par rapport au cristal environnant. Ce cas est surtout fréquent dans les cristaux uniques de la

---

([1]) W. May, T. Tiedema et W. Burgers, *Nature*, 162, 1948, p. 740.
([2]) P. Lacombe et L. Beaujard, *J. Inst. of Metals*, 74, 1947, p. 1.
([3]) P. Lacombe et L. Beaujard, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 66.

solution solide aluminium-zinc étudiée précédemment ([4]). Le polissage électrolytique et les diagrammes de Laue par réflexion montrent qu'il s'agit alors de cristaux à structure *macromosaïque* ou *polygonisée* ([4]) prononcée, noyés dans un cristal parfait.

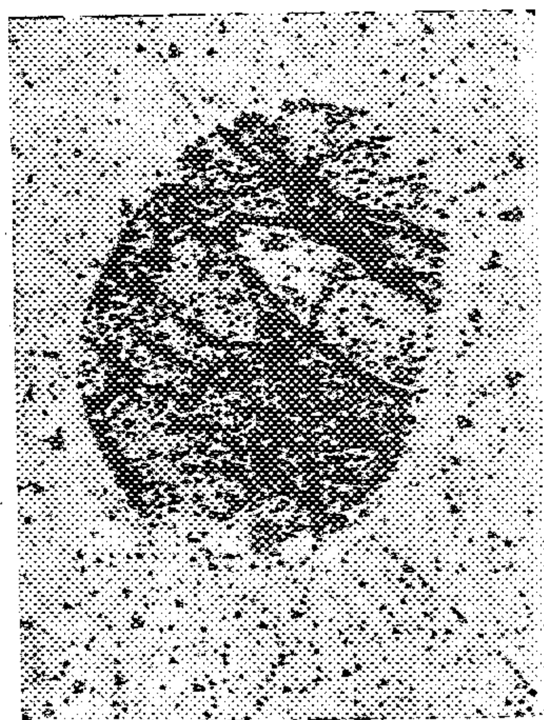


Fig. 2.

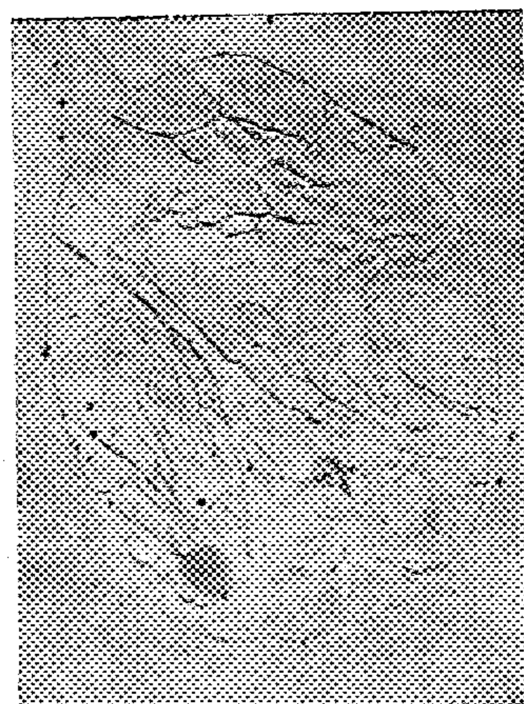


Fig. 3.

Fig. 2. — Mise en évidence par attaque aux figures de corrosion d'un petit cristal isolé dans un monocristal et possédant une orientation voisine de celui-ci. G. = 200.

Fig. 3. — Petit cristal à structure macromosaïque ou polygonisée inclus dans un monocristal parfait de solution solide aluminium-zinc. G. = 50.

Nous avons en outre montré que la formation de ces cristaux *insulaires* était favorisée par une succession de traitements thermiques et mécaniques bien définis. Ainsi pour le fer, avant de lui faire subir l'écrouissage critique de 3,5 % suivi de recuit prolongé à 880°, il suffit d'effectuer un écrouissage de 15 % avec recuit ultérieur, pour augmenter le nombre des cristaux insulaires.

En conclusion, en ce qui concerne leur mode de formation, on peut classer ces cristaux insulaires en deux groupes. Les premiers qui possèdent une orientation rigoureuse de macle par rapport au cristal environnant peuvent prendre naissance au cours de la croissance même des gros cristaux par le mécanisme de *stimulation* ([5]). Les seconds, d'orientation approchée ou d'orientation quelconque, sont au contraire les restes d'une cristallisation antérieure, qui n'ont pu être absorbés par les gros cristaux en voie de croissance par suite de leur structure macromosaïque ou polygonisée.

([4]) P. Lacombe et A. Berghezan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2152; A. Guinier et P. Lacombe, *Métaux et Corrosion*, 24, 1948, p. 212.

([5]) W. Burgers et W. May, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 64, 1945, p. 5.

MÉTALLURGIE. — *Détermination rationnelle du traitement des pièces mécaniques en acier cémenté.* Note (*) de M. JACQUES POMEY, présentée par M. Pierre Chevenard.

Les sollicitations auxquelles les pièces de machine sont soumises en service sont hétérogènes et maxima en surface, de sorte que les traitements, dont l'action devra être complétée par l'adaptation dans la période de rodage, doivent, pour présenter le maximum d'efficacité, tendre à un état où toutes les fibres arriveraient simultanément à la contrainte limite. A cet effet, il ne suffit pas de durcir les couches superficielles, il convient également d'y développer des contraintes résiduelles en compression très élevées, qu'aucune autre opération ne viendra détruire par la suite. Le traitement est donc effectué sur la pièce à sa forme définitive et ne doit entraîner aucune déformation.

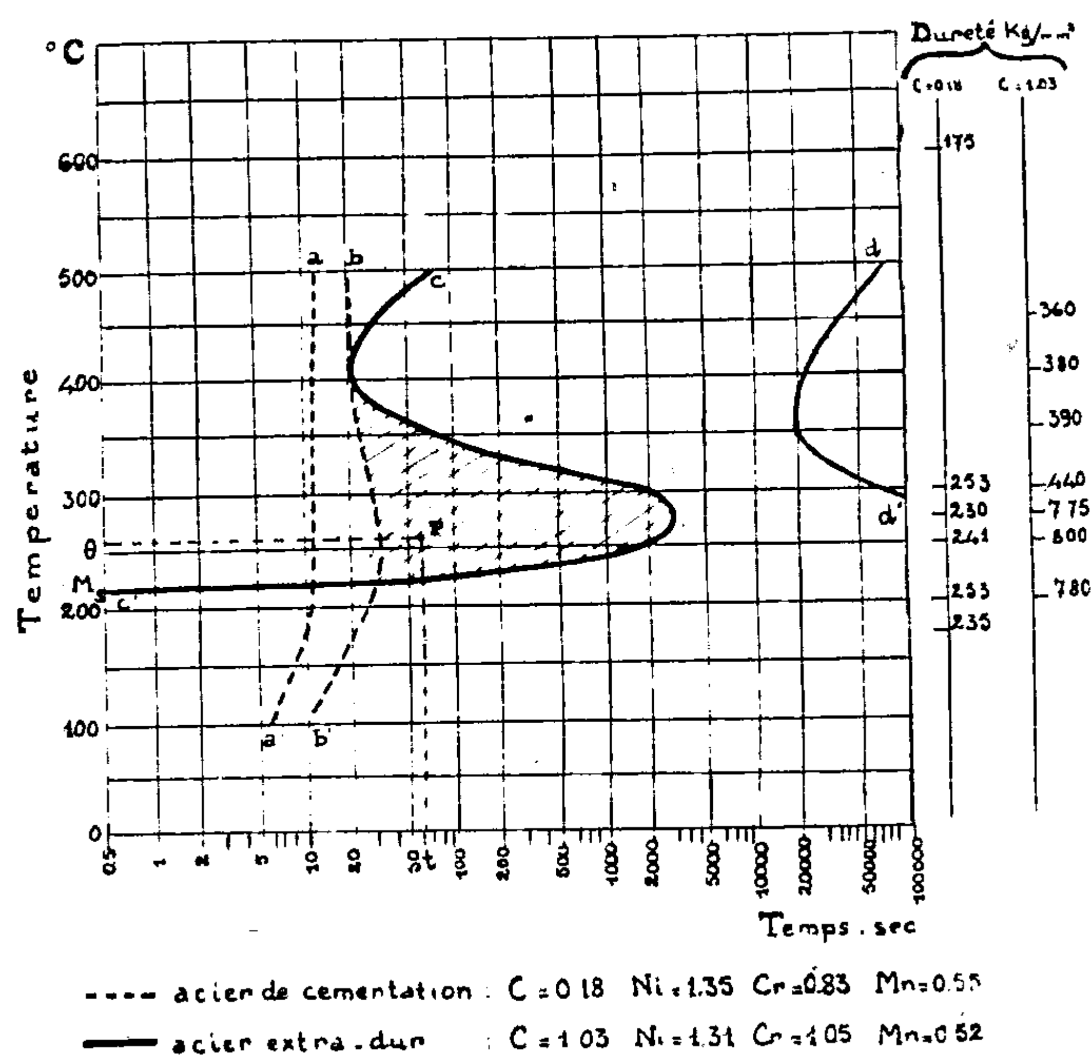
Le principe de ces traitements repose sur la possibilité de séparer dans le temps les transformations du cœur et de la surface, en effectuant d'abord la transformation isotherme homogène du cœur en bainite inférieure sans déformations ni contraintes, ensuite seulement la transformation de la couche cémentée en martensite très dure, avec augmentation de volume spécifique et développement de contraintes en compression triaxiales très élevées, alors que la rigidité du cœur s'oppose aux déformations. Soient les courbes aa' de début et bb' de fin de transformation isotherme au refroidissement d'un acier nickel-chrome de cémentation ($C = 0,18\ \%$); soient cc' et dd' les courbes correspondantes de la couche cémentée, c'est-à-dire d'un acier de même teneur en éléments d'addition mais plus carburé ($C = 1\ \%$). Il existe un domaine hachuré où le cœur est totalement transformé, alors que la couche cémentée est encore à l'état purement austénitique. Les conditions requises sont satisfaites si la température θ du bain de trempe et le temps t d'immersion sont les coordonnées d'un point P du domaine hachuré et en supposant pour simplifier que le cœur se refroidisse instantanément jusqu'à θ et que toute la couche cémentée soit à 1 % C.

En réalité, l'absence de déformation nécessite que tous les points de la masse atteignent la température Θ avant début de transformation, ce qui définit la composition chimique globale et, en particulier, impose une teneur en carbone plus élevée dans les pièces massives. D'autre part, la variation progressive du carbone dans la couche cémentée donne une zone de transition, mélange de bainite et de martensite, limitée vers l'extérieur par la teneur en carbone pour laquelle la durée d'incubation est égale à t. Ces deux raisons tendent à restreindre ou à supprimer le domaine hachuré et pour éviter le chevauchement

(*) Séance du 20 décembre 1948.

des deux transformations, qui nécessiterait un compromis, il convient d'augmenter la durée d'incubation des couches cémentées. Comme le carbone est à lui seul insuffisant, la *cémentation apporte en outre de l'azote* grâce aux composés cyanés gazeux.

COURBES DE DEBUT ET DE FIN DE TRANSFORMATION ISOTHERME



Au sortir du bain, la couche cémentée se transforme en martensite tout au cours du refroidissement qui doit être poussé de telle sorte que la quantité d'austénite résiduelle soit celle qui est juste nécessaire à sa transformation intégrale en martensite, aux points les plus chargés, dans la période d'adaptation. La quantité exacte d'austénite résiduelle est réglée par *l'action du froid* à température précise.

En conclusion, pour une pièce et un usage donnés, la composition chimique globale, ainsi que tous les paramètres de la cémentation et de la trempe se trouvent définis séparément : aucun n'est laissé à l'arbitraire. Ces méthodes de réglage que j'ai instituées à la Régie Nationale des Usines Renault permettent d'atteindre régulièrement un taux de travail apparent de 80 kg/mm² en flexion rotative alors que les mêmes aciers ne pouvaient guère supporter que 60 kg/mm² par traitement empirique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés d'arylation du Δ_2-cyclopenténylacétate d'éthyle.* Note (*) de M. **Paul Cagniant**, transmise par M. Marcel Delépine.

Nous avons vu ([1]) que la condensation du Δ_2-cyclopenténylacétate d'éthyle (I) avec le benzène, en présence de Cl_3Al, conduit à l'ester éthylique de l'acide phényl-2 cyclopentylacétique-1 et au diester de l'acide *p*-phénylène-2.2' *bis*-cyclopentylacétique. Avec le toluène des résultats analogues ont été obtenus. Dans la présente Note, nous avons étendu cette étude à quelques autres hydrocarbures benzéniques : *o*, *m*, *p*-xylènes et mésitylène ainsi qu'à l'acénaphtène. Tous ces hydrocarbures ont pu être condensés avec l'ester (I), en solution sulfocarbonique, pour donner les dérivés suivants :

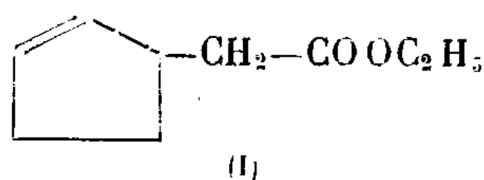
a. avec l'o-xylène : l'ester éthylique de l'acide *o*-xylyl-2 cyclopentylacétique-1 (II), probablement mélangé d'un peu d'isomère-3 correspondant; le diester (VII) en quantité appréciable. Il ne s'est pas formé de dérivés plus condensés;

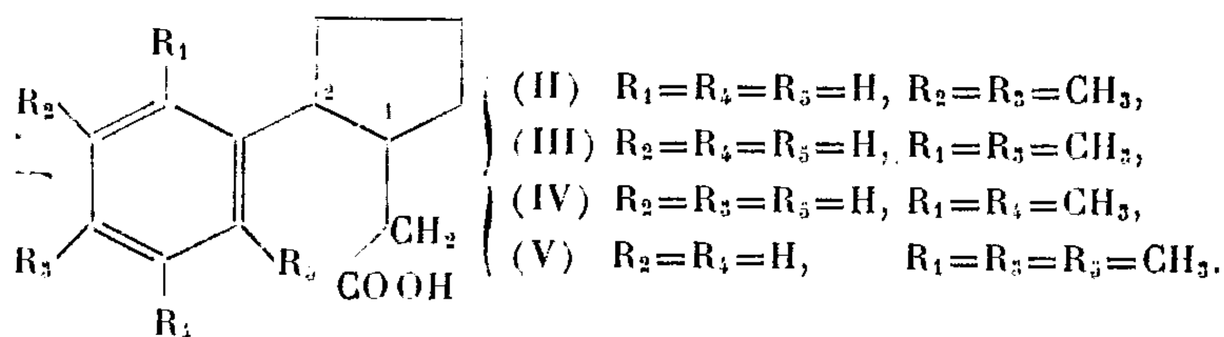
b. avec le m-xylène : l'ester éthylique de l'acide *m*-xylyl-2 cyclopentylacétique-1 (III), également mélangé d'un peu d'isomère-3; le diester (VIII) en quantité importante. Nous n'avons pas obtenu de triester;

c. avec le p-xylène : l'ester éthylique de l'acide *p*-xylyl-2 cyclopentylacétique-1 (IV); le diester (IX) en quantité supérieure à l'ester (IV); il ne s'est pas formé de triester;

d. avec le mésitylène : l'ester éthylique de l'acide mésityl-2 cyclopentylacétique-1 (V) et très peu de diester-2.2'*bis*-cyclopentylacétique substitué correspondant;

e. avec l'acénaphtène : l'ester (VI) de l'acide acénaphtyl-5'.2 cyclopentylacétique-1 et un peu de diester-5".6" *bis*-2.2' cyclopentylacétique correspondant.

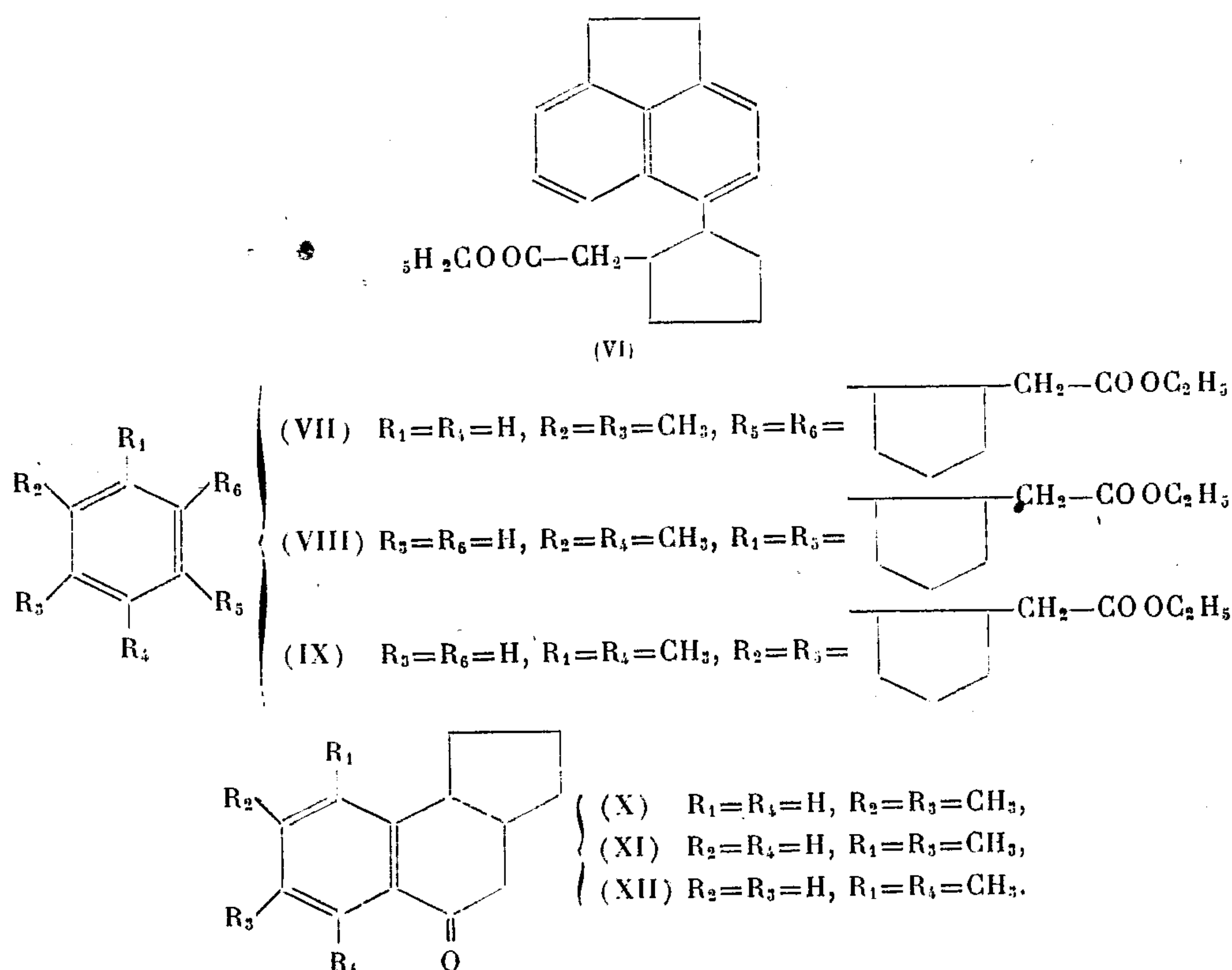




(*) Séance du 2 août 1948.

([1]) Buu-Hoï et P. Cagniant, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 744.

Nous avons effectué la synthèse des acides (II), (III) et (IV) pour vérifier leur structure ([2]). La cyclisation des chlorures des acides (II), (III) et (IV) conduit respectivement aux cétones cycliques suivantes : diméthyl-6.7 cyclopentano-3.4 tétralone-1 (X), diméthyl-5.7 cyclopentano-3.4 tétralone-1 (XI) et diméthyl-5.8 cyclopentano-3.4 tétralone-1 (XII).



Description des corps nouveaux obtenus : a. (II) $C_{15}H_{20}O_2$, $É_{13}$ 219°, F 81°, cristaux incolores (benzène-éther de pétrole); amide correspondant $C_{15}H_{21}ON$, F 100°, cristaux incolores; ester éthylique correspondant $C_{17}H_{24}O_2$, $É_{13}$ 193°; $d_4^{20,5}$ 1,012; n_D^{22} 1,5099, liquide incolore. Diester (VII) $C_{26}H_{38}O_4$, $É_{13}$ 282°; $d_4^{19,5}$ 1,059; n_D^{19} 1,514, huile peu colorée; l'acide correspondant se présente sous forme d'une masse pâteuse très soluble dans le benzène et ne cristallisant pas.

b. (III) $C_{15}H_{20}O_2$, $É_{14}$ 223°; d_4^{17} 1,066; n_D^{17} 1,5305, huile incolore n'ayant pas cristallisé; amide correspondant $C_{15}H_{21}ON$, F 63°, cristaux incolores; ester éthylique correspondant $C_{17}H_{24}O_2$, $É_{17}$ 201°,5; $d_4^{19,5}$ 1,011; n_D^{20} 1,501, liquide incolore. Diester (VIII) $C_{26}H_{38}O_4$, $É_{17}$ 295°; d_4^{20} 1,062; n_D^{20} 1,513, huile visqueuse; l'acide correspondant n'a pas cristallisé.

c. (IV) $C_{15}H_{20}O_2$, $É_{15}$ 224°; d_4^{28} 1,061; n_D^{19} 1,5294, huile incolore ne cristallisant pas; amide correspondant $C_{15}H_{21}ON$, F 105°, cristaux incolores; ester éthylique, correspondant $C_{17}H_{24}O_2$, $É_{13}$ 195°, huile incolore. Diester (IX) $C_{26}H_{38}O_4$, $É_{13}$ 287°; d_4^{20} 1,051;

([2]) Recherches inédites à publier dans un autre recueil.

n_D^{21} 1,514, huile visqueuse qui, saponifiée, donne l'acide $C_{22}H_{30}O_4$, F 145°, cristaux incolores (benzène).

d. (V) $C_{16}H_{22}O_2$, $É_{15}$ 233-235°, huile jaune clair très visqueuse; ester correspondant $C_{18}H_{26}O_2$, $É_{14}$ 212-213°; $d_4^{17,1}$ 1,019; n_D^{17} 1,5126.

e. (VI) $C_{21}H_{24}O_2$, $É_4$ 245°; d_4^{18} 1,108; $n_D^{19,1}$ 1,578; l'acide correspondant $C_{19}H_{20}O_2$, huile jaune, ne distillant pas, même sous vide poussé, sans décomposition. Le diester formé n'a pu être purifié pour la même raison. (X) $C_{15}H_{18}O$, $É_{15}$ 210°; $n_D^{19,1}$ 1,555, huile incolore; semicarbazone $C_{16}H_{21}N_3O$, F_{inst} 257°, cristaux incolores (alcool). (XI) $C_{15}H_{18}O$, $É_{14}$ 207°; n_D^{20} 1,5554, ne donne pas de semicarbazone. (XII) $C_{15}H_{18}O$, $É_{15}$ 209°; n_D^{19} 1,5552, huile incolore ne cristallisant pas.

Nous noterons, pour terminer, que dans les mêmes conditions opératoires, l'anisole, le bromobenzène et le vératrole n'ont pu être condensés. Nous poursuivons nos recherches dans ce domaine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du butoxyéthylène avec le phénol et les crésols.* Note (*) de M. et Mme **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le présent travail apporte une contribution à la fois au problème de l'addition des phénols aux composés éthyléniques et à l'étude des éthers vinyliques que l'on obtient assez facilement par la méthode de Reppe [1].

Une étude systématique de la condensation du phénol et des crésols avec le *n*-butoxyéthylène nous a permis de mettre au point *un mode de préparation facile et donnant de bons rendements, des acétals mixtes aryl-aliphatiques*



$$CH_3-CH(OAr)(OC_4H_9).$$

Il a pour base la réaction



$$CH_2=CH-O-C_4H_9 + ArOH \rightarrow CH_3-CH(OAr)(OC_4H_9),$$

que nous tentons actuellement de généraliser à d'autres éthers vinyliques.

I. *Condensation butoxyéthylène-phénol ordinaire.* — 1° *En l'absence de catalyseur.* A température ordinaire, la réaction est lente (rendement par rapport à l'éther vinylique : 18 à 25 % après 3 heures, 33 % après 5 à 6 heures; éther vinylique récupéré : 47 à 54 % et 40 % respectivement). Par contre, à 100° la réaction est beaucoup plus rapide (Rdt. 68 à 70 % après 3 heures).

2° *En présence de catalyseur. Une trace de* PO_4H_3 *catalyse la réaction et permet d'obtenir, sans chauffage, de très bons rendements en acétal.* — D'autres composés minéraux catalysent aussi la réaction mais, contrairement à PO_4H_3, ils favorisent en même temps la polymérisation de l'éther vinylique.

Mode opératoire. — A 20^g de phénol porté vers 40° et ayant dissous le

(*) Séance du 8 décembre 1948.

(1) Action de C_2H_2 sur un alcool en présence de KOH (Brevets Américains 2066076, 1936, et 1959927, 1934).

catalyseur, on ajoute peu à peu 7 à 10^g d'éther vinylique, tout en maintenant la température au-dessous de 50°. On abandonne ensuite le mélange 3 heures environ à la température ordinaire, puis on le traite par de la soude à 10 % qui sépare l'acétal et les produits de polymérisation de l'excès de phénol et des produits phénoliques formés le cas échéant.

On ne retrouve pas d'éther inaltéré, sauf avec ClHN et CH_3CO_2H (47 et 50 % respectivement).

Le tableau suivant résume les résultats de nos essais.

Catalyseur (masse en mg).		Rendement par rapport à l'éther vinylique. acétal.	polymères.	Catalyseur (masse en mg).		Rendement par rapport à l'éther vinylique. acétal.	polymères.
PO_4H_3 à 85 %	3,1	66,6 %	traces	$POCl_3$	1,2	48 %	19,6 %
» »	19	65	»	ClH 22°B.........	11,3	41	21
Cl_2Hg	3,7	59,5	9,4 %	CH_3CO_2H.........	9	24,3	traces
»	159	62	10,5	ClHN	2,9	22	»
P_2O_5	2	58	14,7	Complexe			
Cl_2Zn sec	8,9	57	13,6	$BF_3-(C_2H_5)_2O$ ...	2,8	12,8	71,2
Cl_4Sn anh........	3	52	30,5	Cl_3Fe anh.........	11,5	0	41,4
» »	9,3	28	51	ClO_4H 65 %.......	10	0	13,8
Cl_3Al »	2,7	49	15,8	SO_4H_2 65° Bé......	2,7	0	15,8

Remarques. — *a.* L'emploi d'une plus forte proportion de catalyseur ne nuit pas dans le cas de PO_4H_3 et de Cl_2Hg. Par contre, avec Cl_4Sn, on observe une nette diminution du rendement en acétal due à une augmentation de la polymérisation;

b. Dans le cas de PO_4H_3 les extraits alcalins ne renferment que l'excès de phénol. Par contre, avec Cl_3Fe, ClO_4H, SO_4H_2 (Rdt. en acétal nul), il se forme une assez grande quantité de produits de condensation solubles dans NaOH, mais qui se décomposent à la distillation, même sous pression réduite;

c. La distillation de la couche insoluble dans NaOH donne toujours une tête constituée par de l'acétal dibutylique résultant de l'action sur l'éther vinylique en présence du catalyseur de l'alcool butylique qui subsiste même après plusieurs rectifications dans l'éther vinylique préparé selon Reppe : *les rendements en acétal indiqués plus haut sont donc des minima;* l'emploi d'un éther vinylique plus pur les améliorerait sans doute.

II. *Condensation butoxyéthylène-crésols.* — Le *p*-crésol se comporte sensiblement comme le phénol ordinaire. Par contre, dans le cas de l'*o* et du *m*-crésol, seule la catalyse par PO_4H_3 permet d'obtenir de bons rendements; il est même nécessaire, pour l'*o*-crésol, d'utiliser soit de plus grandes quantités de PO_4H_3, soit une température de réaction de l'ordre de 100°.

	Conditions de condensation.			Rendement en acétal (%).	Éther n'ayant pas réagi.
p-crésol	sans catal..........	3h	à 100°	74	0
	PO_4H_3 6mg,3......	3h	à t. ord.	72	0
m-crésol	sans catal..........	3h	à 100°	58 à 59,5	0
	PO_4H_3 3mg,7......	3h	à t. ord.	73	0
o-crésol	sans catal..........	3h45	à 100°	36,4	27,6
	PO_4H_3 4mg,1......	3h25	à t. ord.	23,2	49,4
	PO_4H_3 22mg,3......	3h	à t. ord.	74,2	0
	PO_4H_3 4mg,7......	1h	à 100°	70,5	0

III. *Constantes des acétals* $CH_3—CH(OAr)(OC_4H_9)$.

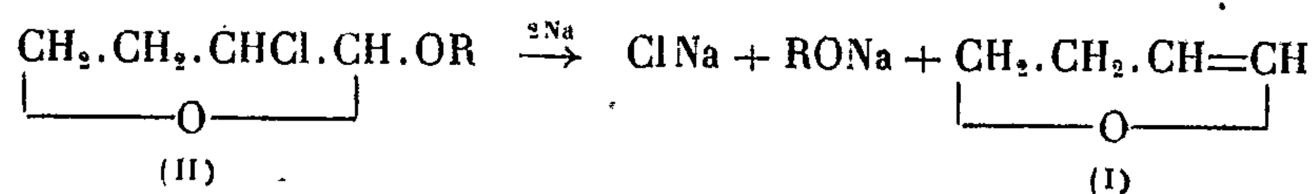
Ar.	$É_{12}$.	n_D^{14}.	d_4^{14}.	RM. théor.	RM. trouvée.
phényle............	113,5	1,4849	0,9660	57,30	57,55
p-crésyle...........	126,5	1,4845	0,9538	61,92	62,44
m-crésyle..........	125	1,4853	0,9546	–	62,47
o-crésyle...........	120,5	1,4853	0,9562	–	62,37

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et propriétés du dihydro-2.3 furanne.* Note de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le dihydro-2.3 furanne (I), malgré la simplicité de sa structure, n'a été entrevu que ces derniers temps et n'a encore fait l'objet d'aucune étude. Il a été obtenu par décomposition catalytique de l'alcool tétrahydrofurfurylique [Rdt. 25 % (1)] et par enlèvement de BrH au β bromotétrahydrofuranne [Rdt. faible (2)].

Le nouveau procédé de préparation, décrit dans la présente Note, fait appel aux *alcoxy-2 chloro-3 tétrahydrofurannes* (II) dont quelques-uns ont été déjà décrits (3) et auxquels on a joint le *n.butoxy-2 chloro-3 tétrahydrofuranne* $C_8H_{15}O_2Cl$ [$R = n.C_4H_9$(II)] $É_{17}$ 91-92° d_{18} 1,080.

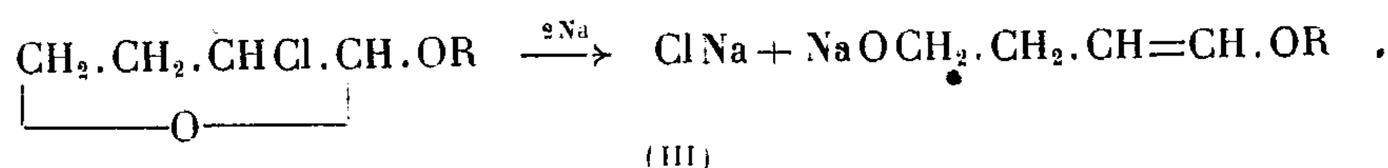
Ces acétals mixtes (II), chauffés avec Na, sont scindés suivant la réaction



et les rendements en dihydro-2.3 furanne sont respectivement de 53, 63, 65 et 75 % selon que $R=CH_3$, C_2H_5, $n.C_4H_9$ et C_6H_5.

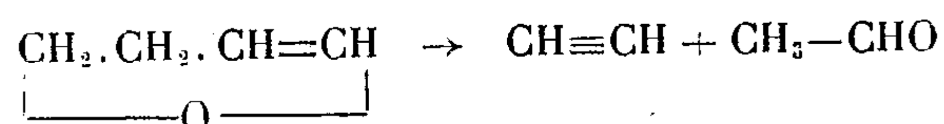
(1) C. L. Wilson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 3002.
(2) H. Normant, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 283.
(3) H. Normant, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 185.

Ils subissent simultanément, en outre, une rupture de l'hétérocycle



dont le taux est de 15 et 20 % avec $R=C_2H_5$ ou C_4H_9.

Enfin, ce traitement provoque encore la formation d'acétylène et d'acétaldéhyde dont l'origine pourrait être la décomposition du dihydrofuranne



Le dihydro-2.3 furanne est un liquide mobile, peu soluble dans l'eau, colorant rapidement le Schiff, et dont voici quelques constantes

	Dihydro-2.3.	Dihydro.2-5.
E_{760}........	54°,5	67° (4)
D_t.........	0,927/15°,5	0,950/15° (4)
n_D^t.........	1,424/15°,5	–
K..........	$-42,9.10^{-6}$ (5)	$-42,3.10^{-6}$ (5)

Il se comporte comme un *oxyde vinylique* et conduit aux dérivés cycliques de l'hydroxybutanal
(IV)



Ainsi, par agitation avec SO_4H_2 dilué il se forme de l'hydroxybutanal [A = H(IV)] dont les constantes ont été déjà publiées (6). Les alcools, en présence d'une trace de ClH sec, donnent avec de bons rendements des semi-acétals. Ont été préparés :

Éthoxy-2 tétrahydrofuranne $(C_6H_{12}O_2)[A=C_2H_5(IV)]$, $É_{13}$ 122-123° d_{18} 0,936;

n. butoxy-2 tétrahydrofuranne $(C_8H_{16}O_2)(A=n.C_4H_9)$, $É_{13}$ 57-58° d_{13} 0,908;

Phénoxy-2 tétrahydrofuranne $(C_{10}H_{12}O_2)(A=C_6H_5)$, $É_{13}$ 117-118° d_{13} 1,106.

Avec CH_3-COOH on a obtenu

L'*acétoxy-2 tétrahydrofuranne* $(C_6H_{10}O_3)(A=COCH_3)$, $É_{13}$ 69° d_{13} 1,097;

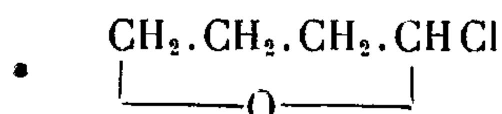
A – 10°, le dihydrofuranne fixe ClH sec; il en résulte avec un rendement

(4) HENNINGER, *Ann. de Chimie*, 7, 1886, p. 220.

(5) Susceptibilités magnétiques moléculaires déterminées par M. Pacault au laboratoire du Professeur Pascal.

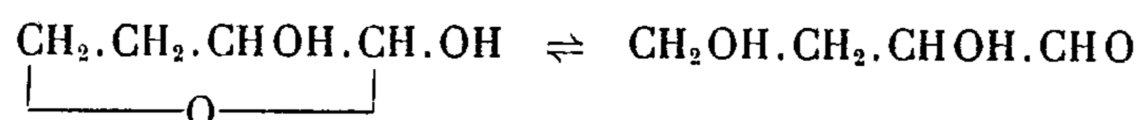
(6) PAUL et TCHELITCHEFF, *Bull. Soc. Chim.*, janvier-février 1948, p. 197.

de 80 % le *chloro-2 tétrahydrofuranne* (C_4H_7OCl)



$É_{15}$ 37° qui, condensé avec les alcoolates de sodium fournit les acétals précédents.

Le tétracétate de plomb réagit rapidement. Par saponification du diacétate brut, au moyen de baryte alcoolique on passe au *dihydroxy-2.3 tétrahydrofuranne*, forme cylique d'un désoxytétrose



soluble dans l'eau, donnant les réactions colorées des sucres et une 2.4-*dinitrophénylosazone* : aiguilles rouges (éther + tétrahydrofuranne) F 268°.

Du composé (III) on peut libérer l'*éthoxy-4 butène-3.ol-1*



$É_{16}$ 86-87°, d_{17} 0,947, soluble dans l'eau mais qui, en milieu acide se transforme en un mélange de la forme cyclique de l'hydroxybutanal et de son acétal éthylique.

On peut encore traiter (III) par un chlorure d'acide ou un halogénure d'alcoyle et obtenir les dérivés



qui sont hydrolysés par les acides en esters ou éthers linéaires de l'hydroxybutanal décrits dernièrement ([6]).

On a isolé, par exemple, l'*éthoxy-4 acétoxy-1 butène-3* ($C_8H_{14}O_3$) ($A = COCH_3$ et $R = C_2H_5$), $É_{13}$ 86-87°, d_{13} 1,025.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la structure tectonique du Massif de la Sainte-Baume*. Note de Mme **Yvonne Gubler**, MM. **Daniel Schneegans** et **Jacques Guillemot**, présentée par M. Paul Fallot.

Les observations, faites au cours de l'été 1948, à l'occasion d'exercices de levers dirigés, nous amènent à formuler quelques précisions relatives à la structure de ce chaînon provençal ([1]).

Il est admis que la chaîne de la Sainte-Baume est constituée par une série inverse de Crétacé inférieur appartenant au flanc renversé d'un anticlinal à

([1]) Ces observations s'ajoutent aux nombreuses observations de MM. Bertrand, Collot, Coquand, Corroy, Denizot, Mme Fabre-Taxy, Fournier, Gouvernet, Haug, Lanquine, Lutaud, Pfender, Repelin, etc.

cœur triasique. Cette barre continue est formée par la superposition de corniches rocheuses, de direction Ouest-Sud-Ouest Est-Nord-Est allant du vallon de Saint-Pons, près de Gémenos, jusqu'aux environs de Mazaugues.

Le synclinal néocrétacé de raccord entre *la série inverse* et le Massif jurassique de la Lare constitue le soubassement autochtone du pli couché. Au Nord de la Lare se situe la dépression triasique de l'Huveaune, qui n'est qu'un vaste pli diapir dont la couverture normale, jurassique et crétacée, est conservée çà et là.

Le Massif de la Lare est ceinturé à l'Ouest d'une ligne allant de Saint-Zacharie à Nans-les-Pins, par une crête de terrains jurassiques. L'examen approfondi des contours limitant leurs affleurements appelle les remarques suivantes :

Dans le secteur Roqueforcade-Nans, la disposition des terrains est nettement synclinale. Au Nord et au Sud, le lambeau est limité par un contact anormal, presque partout incliné d'environ 30°, montrant la superposition anormale de l'Infralias ou de termes supérieurs du Jurassique à l'un quelconque des termes de la série néocrétacée du synclinal autochtone du Plan d'Aups et de l'enveloppe du massif de la Lare. Ce contact anormal est échancré au niveau de chaque vallon; en outre, plusieurs fenêtres (Nord du Plan d'Aups, Lorges, etc.), sont découpées dans les terrains jurassiques et laissent voir en dessous le Crétacé supérieur autochtone.

Dans la coupure de l'Huveaune, vers l'extrémité orientale du lambeau, à 13^{km} au Sud-Est de Nans-les-Pins, les deux bords du synclinal jurassique ne sont distants que d'une centaine de mètres environ et les conglomérats du Bégudien s'enfoncent de part et d'autre sous le contact anormal. L'extrémité du lambeau de Nans-les-Pins est d'ailleurs encombrée d'éboulis qui cachent, en bien des points, le contact anormal; cependant, le Campanien à Cyrènes est visible en dessous du cimetière de Nans et le Jurassique supérieur calcaire constitue une série de petites buttes formées de calcaires disloqués qui reposent sur les conglomérats bégudiens ou sur le Campanien, ainsi qu'on peut le voir dans le soubassement de la butte 416,9. Il est évident que l'éboulement en masse du versant Sud de la colline, qui porte le Vieux Nans, s'est effectué sur le substratum plastique d'âge campanien, qui apparaît d'ailleurs çà et là, à Lorges par exemple. Les pendages verticaux que l'on observe à la sortie Sud de Nans, dans le calcaire séquanien, marquent approximativement l'axe du synclinal, qui est placé à cet endroit. Aucun ennoyage périclinal n'est visible en ce point extrême du chaînon Roqueforcade-Nans.

Notons enfin, encore, la présence d'affleurements entre le plan d'Aups et la ferme d'Adret, où l'Hettangien du fond du synclinal apparaît, à la faveur d'une fenêtre d'érosion, en position subhorizontale, au voisinage de copeaux du flanc inverse du pli couché, attribués par E. Haug au Séquanien et perçant le fond du synclinal en plusieurs endroits.

La branche de Bassan-Liquette montre la même disposition synclinale

au-dessus d'un substratum crétacé supérieur; les conglomérats bégudiens se suivent avec continuité, sauf sur le flanc Nord de Liquette où ils sont masqués par un vaste manteau d'éboulis, depuis la source de Villecroze, à l'Est de Roquevaire, jusqu'à la coupure du ruisseau de Vède. Dans le flanc Est de la colline de Liquette, entre la bastide de Tapan et celle de Bosq, la vallée du Vède entame profondément l'extrémité de ce chaînon et l'on voit, d'une part les conglomérats bégudiens s'enfoncer sous les dololomies en plaquettes de l'Hettangien, en position synclinale; d'autre part, le contact anormal visible à l'Ouest du chaînon qui se poursuit sur la rive gauche du ruisseau de Vède, en dessous des éboulis; il enveloppe le périclinal du Massif de la Lare qui s'ennoie sous la branche jurassique de la Tête de Roussargue-Bassan, continuation de celle de Roqueforcade-Nans. Sur la rive droite du Vède, il n'y a plus que des lambeaux de Jurassique flottant sur un synclinal Crétacé autochtone entre les Étienne et Encauron.

Ces faits prouvent d'une manière indiscutable que les terrains jurassiques de Roqueforcade-Lagets appartiennent à une série normale qui repose partout sur le Crétacé supérieur autochtone commun à la couverture du Massif de la Lare et au synclinal du Plan d'Aups.

GÉOLOGIE. — *Style des déformations successives en Bas-Languedoc.* Note de MM. **Maurice Dreyfuss** et **Maurice Gottis**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans la zone d'affleurements jurassiques allant de la Méditerranée aux Cévennes, entre les vallées de l'Hérault et du Vidourle, de nombreuses dispositions tectoniques ne peuvent guère se concevoir, au point de vue mécanique, comme résultant d'une ou même seulement deux phases de plissement.

Or, dans une Note précédente (¹), nous avons précisément montré que le Bas-Languedoc a été soumis pendant le Tertiaire, et même au cours du Secondaire, à différents mouvements de nature variée.

Certaines failles déjà connues, d'autres suivies plus récemment, apparaissent comme des accidents majeurs, antérieurs aux principales poussées orogéniques, qui les ont reprises et déformées. On peut citer comme exemple la faille méridienne de Montarnaud : celle-ci se comporte à son extrémité septentrionale (Cazarils et Viols-le-Fort) comme un décrochement, d'ailleurs postérieur à la faille-écaille de Puechabon-Viols-le-Fort, découverte par M. Agalède; au niveau de Montarnaud, son rejet est vertical; un peu au Nord de Saint-Paul, elle s'insère pendant quelques centaines de mètres dans un ensemble de plis aigus d'orientation Est-Ouest, couchés au Nord, et devient chevauchante; vers Vallemale, elle décroche deux des anticlinaux de l'anticlinorium de

(¹) M. Dreyfuss et M. Gottis, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1388.

Montpellier; coupée près d'Antonègre par une faille plus récente, elle reprend enfin à nouveau un jeu vertical jusqu'aux environs de Poussan.

La structure de cette partie du Bas-Languedoc semble donc devoir être interprétée comme liée à des jeux de socle ayant donné tout d'abord des compartiments séparés par des failles ou des flexures; les mouvements ultérieurs (poussées tangentielles peut-être combinées à des glissements dus à la pesanteur) auraient déterminé la formation dans la couverture, soit de nouvelles cassures, soit de plis dus à une déviation verticale des forces au voisinage des accidents existants. Dans cette hypothèse, les plis accompagnant les failles seraient des *failles-plis*, dans le sens où ce mot a été défini par L. Glangeaud ([2]).

On peut distinguer, parmi les failles initialement antérieures aux plis, trois systèmes différents :

a. des failles, habituellement subverticales, orientées Nord-30 à 40° Est (parallèles à la bordure cévenole) : failles de la Séranne, de Corconne, de Saint-Georges-d'Orques, etc.).

b. des failles Nord-Sud, se comportant en général comme des accidents verticaux ou comme des décrochements (failles de la Boissière, de Montarnaud, etc.).

c. des failles de direction Nord-70° à 80° Est (parallèles à la bordure méridionale de la Montagne Noire) qui ont souvent été transformées en écailles [failles de Puechabon, de Castelnau-le-Lez ([3]) etc.] ou ont déterminé la localisation des plis (failles de la bordure septentrionale du pli de Montpellier).

La confrontation de ces données purement géologiques avec les levés gravimétriques ([4]) est particulièrement instructive : on constate en effet que les variations des anomalies (anomalie de Bouguer) reflètent assez fidèlement la disposition des grandes cassures et des fossés de subsidence, tandis que les relations entre gravimétrie et plissements, du moins lorsque ceux-ci sont indépendants des failles, sont beaucoup moins évidentes.

L'histoire tectonique de la région montpelliéraine serait donc analogue à celle qui est admise actuellement pour diverses régions périalpines, l'Oberland bernois et le Jura notamment ([5]); ici, l'existence de multiples mouvements complique peut être un peu les problèmes, mais le fait qu'on peut en fixer la date avec une certaine précision permet d'espérer que l'on arrivera à en dégager le mécanisme de façon satisfaisante.

---

(2) *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, 51, 1945, p. 17-38.

(3) M. Dreyfuss, *B. S. G. F.*, V, 13, 1943, p. 431-434.

(4) Effectués par la Compagnie générale de Géophysique pour la Société nationale des Pétroles du Languedoc Méditerranéen, qui a autorisé la publication de ces résultats.

(5) *Cf.* Günzler-Seiffert, *Eclog. Geol. Helvetiæ*. 34, n° 2, 1946, p. 168; E. Wegmann, *C. R. Soc. Géol. de Finlande*, n° 20, 1947, p. 233; L. Glangeaud, *loc. cit.*; D. Aubert, *Bull. Lab. Géol. de Lausanne*, n° 83, 1945.

On peut, en tout cas, comprendre les raisons de l'opposition entre des zones plissées et faillées, étroites, et des plateaux ou dépressions synclinales relativement tranquilles et beaucoup plus larges. Cette opposition existe non seulement aux environs de Montpellier, mais dans l'ensemble du Bas-Languedoc et même, comme l'un de nous l'a déjà fait remarquer (6), en Basse-Provence. C'est donc peut-être à l'ensemble de ces régions que devrait être appliquée l'interprétation d'une tectonique tangentielle superposée à des failles (7).

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie du Quaternaire côtier à Rabat.* Note de MM. **Jacques Bourcart, Georges Choubert** et **Jean Marçais**, présentée par M. Paul Fallot.

Pour fournir aux discussions sur le Quaternaire marocain une base concrète, nous avons cherché, au cours de courses communes, à nous mettre d'accord sur les faits essentiels de la stratigraphie des terrains quaternaires aux abords immédiats de Rabat.

Aux carrières de Marie-Feuillet et de Khébibat, on observe, jusqu'à l'altitude de 8 à 10^m, une alternance de grès fins de plage et de lumachelles à galets que nous appellerons *niveau* 1. La base de ces grès se trouve sous le niveau de la mer. Un platier s'y établit à 1 ou 2^m d'altitude. Le niveau 1 se termine en haut par une surface très sinueuse à lapiés et marmites, montrant une érosion nécessairement postérieure à sa consolidation.

Cette surface est fossilisée directement par une autre lumachelle, sans intercalation continentale visible. Cette lumachelle forme la base du niveau 2 et passe vers le haut par des grès coquilliers aux grès dunaires où ont été retrouvés l'Homme de Rabat et une faune abondante à *Elephas atlanticus* (Khébibat).

L'ensemble des niveaux 1 et 2 forme ce que l'un de nous (J. B.), appelle les grès de Rabat.

Plus au Nord, à hauteur de l'Hôpital Marie-Feuillet, à 16^m d'altitude, les grès dunaires du niveau 2 sont surmontés par un grès fin calcaire rose à *Helix* et ossements, recouvert, à l'altitude de 18^m, par 1^m de grès de plage passant à une dune supérieure. Il s'agit là d'une plage postérieure aux niveaux 1 et 2 que nous appellerons niveau 3. Le niveau rose à *Helix*, qui s'intercale entre les niveaux 2 et 3, n'est autre que ce que l'un d'entre nous (J. B.) a désigné sous le nom de « formation de Témara ». Les Pulmonés y ont leur test conservé. Les « croûtes » ou travertins calcaires encadrent aussi bien la formation rose que les grès dunaires supérieurs.

---

(6) M. Dreyfuss, *Remarques sur la Géologie des régions marseillaise et montpelliéraine* (Note présentée au *Congrès des Soc. Savantes de Franche-Comté*, 11 juillet 1939).

(7) On notera que l'opposition entre de vastes plateaux et d'étroits faisceaux de plis accompagnés de failles est également un caractère typique du Jura.

La même formation rose à ossements et *Helix*, mais plus gréseuse, se retrouve en remplissage de lapiés anciens en maints endroits de la falaise Marie-Feuillet jusqu'au niveau de la mer. Dans ces endroits, la falaise actuelle épouse donc la falaise ancienne.

Dans la carrière située en contrebas du Camp Moinier, les choses sont plus complètes encore. On observe ici une importante excavation ancienne, creusée à cheval sur le contact des niveaux 1 et 2. Son remplissage est fait de la même formation rose à ossements et *Helix*, avec un amas de *Purpura hæmastoma* et grands *Vetus* à la base. Elle remplit les marmites et diaclases creusées dans les grès durs 1 ou 2. Cette formation est recouverte à son tour par des limons rouges durcis (niveau 4) contenant la faune des Mammifères découverte par F. A. Rolland et également *P. hæmastoma*. La première de ces formations contient des quartzites acheuléens et levalloisiens, la seconde des silex d'un Levalloisien moustéroïde.

Aux Oudaïas, la dune consolidée du niveau 2, est recouverte directement par des grès du niveau 3 et, au Musée, par une lumachelle. Elle est taillée en falaise par la mer.

Sur la rive gauche du Bou-Regreg, près des bâtiments du port, le niveau 1 apparaît sous forme de grès à stratification oblique et à éléments marins. En allant vers l'amont, son conglomérat de base, puis le substratum néogène, réapparaissent progressivement. Le niveau 2 est représenté par un deuxième conglomérat et un niveau marin peu épais. Il est suivi par un puissant delta à stratification oblique, passant latéralement à des formations rouges. Le tout est recouvert par la dune supérieure (niveau 3), puis par les galets de base des limons rouges (niveau 4).

Sur la rive droite (Salé) nous n'avons observé, au-dessus des marnes néogènes, que des galets conglomératiques ou poudingues, avec plusieurs intercalations de grès fluviatiles à grain fin, directement surmontés par des limons rouges.

C'est dans la première couche de galets, directement au-dessus du Néogène, en haut de la montée de la route qui va vers Meknès (à près d'un kilomètre du lit du Bou-Regreg) que l'un de nous (J. B.) a trouvé la mandibule d'*Elephas* déterminée *E.* cf. *meridionalis* par C. Arambourg.

Il résulte de ces observations : 1° que les grès de Rabat peuvent être séparés en trois complexes. Une reprise de l'érosion sépare les deux premiers niveaux (1 et 2), la formation rose de Témara les niveaux 2 et 3.

2° que le niveau 3 ou dune supérieure très constante sur la côte marocaine, débute à Rabat par une invasion marine qui succède à une régression et à une phase continentale.

Ces observations confirment et complètent celles que deux d'entre nous ont décrites dans la première partie d'une Note publiée précédemment [1].

---

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1645-1647.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie du Lias inférieur aux environs de Grenoble (Isère).* Note (*) de MM. **Léon Moret** et **Georges Manquat**, transmise par par M. Maurice Gignoux.

Nous manquions de précisions sur la stratigraphie du Lias de cette région, terrain qui forme cependant des affleurements très étendus à l'extérieur des massifs cristallins de Belledonne-Taillefer, où il constitue la *zone des collines liasiques* des géologues alpins.

Les rares fossiles découverts permettaient de supposer que ce Lias, sous son faciès monotone calcaréo-schisteux et vaseux, y était complet (sauf au voisinage de La Mure, *voir* plus loin), surtout calcaire à la base (Rhétien-Charmouthien inf.), schisteux au sommet (Charmouthien sup.-Aalénien).

Or, la découverte récente de riches gisements fossilifères ([1]) dans la série liasique du Grand-Serre, au Sud-Est de Grenoble, va nous permettre d'ajouter d'intéressantes touches à ce tableau sommaire. Une très belle coupe peut en effet s'observer sur la face Sud du Pérollier au lieudit Côte-Dure; on y relève successivement de haut en bas :

1° Calcaires noirs vaseux bien lités, formant la croupe du Pérollier (200^{m}). Les coupures lithologiques sont difficiles, mais la présence de fossiles permet d'affirmer que la partie supérieure de ce complexe appartient au Lotharingien (*Echioceras nodotianum*), la partie moyenne au Sinémurien (*Ammonites bisulcatus, Coroniceras rotiforme, Pachyteuthis acutus*), la base à l'Hettangien (*Schlotheimia angulata*). Sur la crête du Grand-Serre, des bancs à Pentacrines et grands Bivalves s'intercalent au sommet de cette série;

2° Calcaires à entroques jaunâtres, avec nombreux Pectinidés (*Pecten valoniensis*) de l'Hettangien (10^{m});

3° Calcaires noirs en dalles à patine rousse ou verdâtre, riches en fossiles : Polypiers, Oursins et surtout Lamellibranches (*Avicula cf. exilis, Mytilus cf. scalprum, M. glabratus, Pecten valoniensis, Plagiostoma cf. valoniensis, P. cf. exaltata, P. cf. punctata, Liostrea Hisingeri, Gryphea Dumortieri, Harpax hettangiensis, Ctenostreon Terquemi, Cardinia quadrangularis, C. regularis, C. cf. subæquilateralis, Astarte cf. irregularis*), des Gastropodes (*Pleurotomaria jamoignaca, Cœlostylina paludinoides, Promathildia semele*), des dents de Poissons Pycnodontes, enfin, d'abondantes frondes de Cycadophytes (*Otozamites brevifolius*) (4^{m}). Base de l'Hettangien;

4° Couches lumachelliques et de faciès grauwackes, formées d'innombrables moules de petits Bivalves parmi lesquels nous avons pu déterminer : *Anatina Amici, A. Passeri*, espèces du Rhétien de Lombardie (0^{m},50). La présence de ce niveau, assez constant dans la région, avait été reconnue dès 1934 par M. Gignoux, P. Lory et G. Choubert;

5° Banc de calcaire gris finement spathique avec sections de Gastropodes (1m); faciès que nous avons retrouvé jusqu'en Oisans, au Lac de la Muzelle;

6° Calcaires noirs cariés et ferrugineux (3^{m});

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *C. R. som. Soc. géol. France*, 22 novembre 1948.

7° Calcaires noirs plus cristallins et un peu dolomitiques (6^m). Ici se termine probablement le Rhétien ;

8° Spilites, dolomies à nombreux cubes de pyrite et cargneules du Trias (90^m). Cette série, décollée et laminée, repose sur le Cristallin (gabbros) du Taillefer.

Ainsi, pour la première fois, l'Hettangien se trouve nettement caractérisé dans la couverture des massifs cristallins et sous un faciès néritique qui cadre bien avec ce que l'on connaît du Lias inférieur de la région ([2]). L'abondance des feuilles de Cycadophytes prouve en outre que des terres émergées, assez proches, devaient exister à l'époque. Ces terres, vestiges de la *chaîne vindélicienne* triasique, nous les connaissons non loin de là, dans le *dôme de La Mure*, où elles n'ont été recouvertes qu'au moment de la transgression sinémurienne qui prélude à l'approfondissement progressif de la mer. Mais, tandis que la sédimentation néritique et lacuneuse va régner dans cette région pendant une bonne partie du Lias, ailleurs, à l'Est et à l'Ouest, la continuité de sédimentation va s'affirmer, pendant cette période, par des faciès vaseux à Céphalopodes dès l'Hettangien supérieur ([3]).

Ajoutons que les travaux de P. Lory ([4]) ont montré que la série liasique du Grand-Serre n'était pas en place, mais que sa situation actuelle résultait d'un glissement en masse, par gravité, de la couverture normale du massif cristallin du Taillefer, facilité par un décollement de l'ensemble au niveau des couches salifères du Trias. Ainsi s'explique le laminage de la base du Lias, laminage allant généralement jusqu'à la disparition complète de certaines couches moins résistantes (ex., notre horizon n° 3) et leur présence à l'état de lambeaux lenticulaires conservés à la base de cette nappe.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude paléobotanique du Bassin houiller de Champagnac (Cantal).* Note (*) de M. **Frédéric-Marie Bergounioux**, Mlle **Jeanne Doubinger** et M. **Pierre Vetter**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans la région de Champagnac, le houiller affleure sur une étroite bande de direction générale NE-SW, d'une longueur de 17^{km} environ, pour une largeur de 4^{km} au centre du bassin. Il est bordé à l'Est et au Sud-Ouest par les

---

([2]) La fameuse brèche à galets triasiques d'Allevard et les couches à Cardinies et Limes du Grand-Renaud, près Bourg-d'Oisans, intercalées à la base du Lias, pourraient être rapportées à l'Hettangien.

([3]) On sait que la couverture des massifs cristallins se termine par le Bajocien (La Table, Froges, La Mure, etc.), et même par le Bathonien (découverte récente de *Procerites procerus* au Grand-Renaud par M. le Conservateur Cherrey).

([4]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1105.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

micaschistes, à l'Ouest par le granite; il est recouvert, au Nord, par une coulée basaltique (orgues de Bort).

Dans la zone la plus large, les terrains affectent la forme d'un synclinal complexe dont les branches sont très redressées sur les bords du bassin, principalement à l'Ouest.

L'élément dominant des séries sédimentaires est un complexe schisto-gréseux. On connaît vers la base cinq couches de houille groupées en deux faisceaux qui sont de la base au sommet : 1° le faisceau de Champagnac : *a*. Petite couche (4 à 5^m); *b*. Grande couche (0 à 5^m); 2° le faisceau de Chamblève (au total 3^m,50) : *a*. Minotte, *b*. Chamblève, *c*. 5e couche (assez souvent schistifiée).

Entre Petite couche et Grande couche, comme entre Minotte et Chamblève, existe un banc de Tonstein appelé localement *Roc Seda*. Les couches sont connues et exploitées sur la bordure Ouest de la partie centrale du bassin et au Sud dans la région de Vendes.

Dans la région centrale, on a relevé un grand nombre de points fossilifères :

a. La zone Ouest comprend d'une part les terrains au contact du granite, d'autre part les couches exploitées (Puits Madeleine, Puits de Chamblève et Puits Sud). Ces couches sont fortement inclinées vers l'Est et représentent le flanc Ouest du synclinal.

On y relève : *Pecopteris polymorpha*, *P. cyathea*, *P. unita*, *P. Bioti*, *P. arborescens*, *Alethopteris Grandini*, *Callipteridium pteridium*, *C. gigas*, *Linopteris Brongniarti*, *Odontopteris Reichi*, *O. subcrenulata*, *Neuropteris cordata*, *Annularia stellata*, *A. sphénophylloïdes*, *Asterophyllites equisetiformis*, *Sphenophyllum oblongifolium*, *Calamites varians*, *Cordaites lingulatus* et des Sigillaires cannelées.

b. La zone centrale est affectée de quelques plissements secondaires; elle ne comporte aucune exploitation, ni aucun affleurement charbonneux de quelque importance.

On y trouve : *Pecopteris polymorpha*, *P. cyathea*, *P. hemitelioïdes*, *P. unita*, *P. feminæformis*, *P. Bioti*, *P. cf. arborescens*, *Alethopteris Grandini*, *Callipteridium pteridium*, *C. gigas*, *Tæniopteris sp.*, *Odontopteris Reichi*, *O. Reichi-minor*, *O. genuina*, *Diplotmema Busqueti*, *Sphenopteris Sterzeli*, *Dicranophyllum gallicum*, *Cordaites lingulatus*, *Poacordaites linearis*. On note encore diverses Calamariées : *Annularia stellata*, *A. sphenophylloïdes*, *Asterophyllites equisetiformis*, *Sphenophyllum oblongifolium*, *Calamites Cisti*, *C. Suckowi*.

c. La zone Est présente un pendage Ouest très net et semble se séparer de la zone centrale par une fracture de direction sensiblement Nord-Est qui se traduirait dans la topographie par une large vallée.

Par endroits, les éboulis d'une couverture permienne empêchent de voir le contact avec les micaschistes.

Quelques gisements ont donné : *P. polymorpha*, *P. cyathea*, *P. hemitelioïdes*, *P. feminæformis*, *Alepthopteris Grandini*, *Callipteridium pteridium*, *Odontopteris Reichi*, *Neuropteris cordata*, *Sphenopteris Sterzeli*, *Dicranophyllum gallicum*,

Cordaites lingulatus, *Sigillaria Brardi* et quelques *Calamariées : Annularia stellata*, *Calamites Suckowi*, *C. cruciatus*, *C. paleaceus*.

Conclusions. — L'étude de cette flore montre qu'elle appartient nettement au Stéphanien moyen. A côté d'un certain nombre d'espèces banales dans tout le Stéphanien, il faut remarquer l'abondance de formes caractéristiques de la série de Saint-Étienne : *Neuropteris cordata*, *Linopteris Brongniarti*, *Pecopteris feminæformis*, *P. Bioti*, *Callipteridium pteridium*, *C. gigas*, *Cordaites* et *Poacordaites*.

Il est toutefois intéressant de noter :

1° La présence de *Pecopteris arborescens* et de Sigillaires cannelées, qui indiquent un niveau inférieur du Stéphanien moyen, et qui se trouvent certainement sur le bord Ouest du bassin, caractérisant le faisceau de Champagnac-Chamblève.

2° L'apparition de quelques rares formes, indices d'un niveau plus élevé dans le Stéphanien moyen : *Odontopteris Reichi-minor*, *O. genuina*, *Tæniopteris* sp., *Diplotmema Busqueti*. Toutes ces espèces ont été trouvées dans une région bien délimitée de la partie centrale.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il y aurait donc deux niveaux dans le Stéphanien moyen de Champagnac : une zone inférieure caractérisée par *P. arborescens* et les Sigillaires cannelées et une zone supérieure dans laquelle s'établit une association végétale (de caractère local) d'aspect spécial et qui paraît caractériser une région assez nettement localisée dans le centre du bassin.

Il faut en outre mettre en relation cette flore de Champagnac avec celle des petits bassins houillers du Massif Central, tels que Messeix (Puy-de-Dôme) ([1]) et Langeac (Haute-Loire) ([2]), qui présentent les mêmes caractéristiques.

Une telle constatation permet de penser que ces associations ont un caractère régional qui leur accorde une valeur stratigraphique locale qu'il serait imprudent de généraliser.

LITHOLOGIE. — *Contribution à l'étude des minerais de fer oolithiques de Wabana* (*Terre-Neuve*). Note de Mlle **Simonne Caillère** et M. **François Kraut**, présentée par M. Paul Fallot.

On exploite dans l'île Bell, Conception Bay, à Terre-Neuve un gîte de fer oolithique d'âge dévonien, comprenant trois horizons. Cette formation, très

---

([1]) F. M. Bergounioux et Mlles J. Doubinger et M. Sandre, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1016-1017.

([2]) G. Mathieu, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 60, 1930, p. 75.

riche, dont la teneur moyenne en fer est d'environ 50 % (¹) est en grande partie sous-marine.

L'étude microscopique de ces minerais, en lumière transmise et en lumière réfléchie, montre que les trois niveaux sont constitués par les mêmes minéraux, mais en proportions variables.

En plaque mince, le minerai de la couche inférieure apparaît comme un grès formé par des fragments de quartz, renfermant des inclusions liquides, et cimentés par une masse ferrugineuse opaque. Ce quartz est fréquemment enrobé dans la chlorite qui semble se substituer à lui et le remplace parfois totalement. On voit en effet, des plages de ce silicate ayant la taille et la forme des grains de quartz. La chlorite se présente aussi par endroits, dans les espaces interoolithiques. Les organismes assez nombreux sont épigénisés pour la plupart par une matière isotrope associée à la chlorite et à la sidérose.

Dans la couche moyenne la gangue encore essentiellement opaque est localement carbonatée. Sur les parties transparentes se détachent des ovoïdes à zone corticale ferrugineuse englobant un noyau de chlorite et de quartz. Les fragments sont relativement gros et peu nombreux; les organismes ont les mêmes caractères que ceux de l'horizon inférieur. L'importance des éléments transparents formés *in situ* s'accentue dans la couche supérieure où le ciment est largement carbonaté et par endroits chloriteux. Le quartz corrodé par la sidérose et la chlorite se trouve uniquement comme noyau dans les ovoïdes.

En lumière réfléchie on constate que l'hématite est le seul constituant opaque des trois niveaux. Elle forme des anneaux continus dans la zone corticale des oolithes et un liséré de larges cristaux d'orientation radiale autour de celles-ci. L'aspect le plus remarquable de ce minéral est offert par des cristaux lamellaires qui apparaissent en sections comme de longues aiguilles. Ces cristallites se disposent suivant la structure concentrique de l'enveloppe, parfois aussi, ils se groupent en gerbes et en étoiles au centre des ovoïdes. Dans la gangue, on retrouve l'hématite en lamelles et en plages homogènes, notamment dans la couche inférieure, où le ciment est le domaine principal de l'oxyde de fer.

Il résulte de cette étude, qu'abstraction faite du quartz d'origine détritique, les minéraux du gîte sont autochtones et n'ont pas subi d'évolution depuis leur dépôt.

En effet, l'examen microscopique ne révèle aucun indice de pseudomorphose, tous les constituants ayant leurs formes propres.

En ce qui concerne l'ordre de dépôt des minéraux, il n'y a pas lieu d'envisager une mise en place successive de chacun d'eux. Il semble cependant qu'une première phase, durant laquelle les oolithes commençaient à se former,

(¹) M. O. Hayes, *Canada Department of Mines*, nº 66, Geol. Serie, Ottawa 1915, p. 100.

en général autour d'un fragment de quartz, était caractérisée par le dépôt massif de la chlorite, tandis que la sidérose ne jouait qu'un rôle relativement secondaire.

Dans la période suivante, le carbonate, devenu l'élément dominant, donne naissance à la gangue, mais la chlorite continue à se déposer et occupe une partie des espaces interoolithiques.

Quant à l'hématite, sa cristallisation s'effectue durant ces deux périodes, comme le montre sa présence à la fois dans les ovoïdes et dans la gangue. Elle se forme partout où les autres minéraux offrent des vides ou des portions de faible résistance, telles que les interstices des grains et des fibres ou les surfaces de contact entre les fragments de quartz et le ciment.

Le fait que ces cristaux extrêmement ténus aient pu se conserver et prendre des positions en rapport soit avec la structure concentrique des ovoïdes, soit avec celle des agrégats chloriteux et carbonatés, montre que le minerai s'est formé dans un milieu de mobilité très réduite, c'est-à-dire dans un bassin où la concentration en éléments solides était très forte. La faible épaisseur des enveloppes corticales témoigne d'ailleurs d'une évolution rapide des oolithes.

PÉDOLOGIE. — *Influence prépondérante de la roche mère sur la composition chimique des sols d'Auvergne.* — Note de M. **Daniel Collier**, présentée par M. Albert Demolon.

Des analyses chimiques élémentaires ont été effectuées sur un certain nombre d'échantillons de sols choisis parmi les principaux types de la région : sols de demi-montagne, dérivant de granites et de basaltes, sols de Limagne, provenant d'arkoses riches en quartz et en feldspaths potassiques, et Terres noires constituées principalement de produits de décalcification de calcaires argileux, ainsi que nous l'avons montré ailleurs ([1]).

Pour chacun de ces types, voici les valeurs moyennes et extrêmes trouvées pour les principaux composants, rapportées à 100 de terre fine sèche, déduction faite des carbonates et des matières organiques (*voir* Tableau page suivante).

Chacune de ces catégories de sols offre une composition chimique qui lui est propre et qui rappelle celle de sa roche mère.

En ce qui concerne les Terres noires, ce dernier fait tient à la grande proportion d'éléments fins qu'elles contiennent, et qui proviennent principalement de la matière argileuse des calcaires, dont nous avons donné les moyennes de quelques analyses. Les différences de composition sont, pour une grande part, dues à la présence d'éléments étrangers d'origine granitique et volcanique.

([1]) *Thèse*, Clermont-Ferrand, 1948 (en voie de publication).

	Cinq sols granitiques du Livradois.			Quatre sols basaltiques de la Chaine des Puys.			Cinq sols d'arkoses de Limagne.			Douze terres noires de Limagne.			Matière argileuse de cinq calcaires.		
	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.
H_2O	2,7	3,1	3,7	2,2	4,6	8,3	1,5	1,7	2,2	1,1	4,5	7,1	4,4	7,4	12,3
SiO_2	65,2	68,2	70,5	38,7	47,8	54,8	77,6	79,8	81,4	54,7	60,5	66,8	54,3	57,8	62,2
Al_2O_3	14,7	16,6	18,7	18,0	19,9	21,6	9,4	10,6	11,5	16,4	18,3	21,4	13,5	15,7	18,3
Fe_2O_3	3,4	4,3	4,8	9,4	11,5	13,6	1,2	2,0	2,9	4,9	6,6	9,7	5,3	6,3	7,3
CaO	0,4	0,7	0,9	5,2	6,7	7,8	0,3	0,5	0,6	0,3	2,3	4,5	0,14	0,23	0,32
MgO	0,6	1,2	1,6	2,4	4,5	6,5	0,3	0,4	0,5	1,0	2,1	3,1	2,3	4.3	6,3
K_2O	2.9	3,2	3,5	0,8	1,8	2,5	4,0	4,2	4,5	2,6	4,6	7,3	3,9	4,4	4,9
P_2O_5	0,21	0,28	0,40	0,50	0,73	0,89	0,11	0,14	0,16	0,16	0,34	1,31	0,95	0,07	0,09
Rapports moléculaires.															
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3+Fe_2O_3}$	5,1	6,1	6,9	2,3	3,0	3,8	10,5	11,8	13,1	3,4	4,6	5,7	4,2	5,1	6,1
$\frac{Bases}{Al_2O_3+Fe_2O_3}$	0,35	0,40	0,42	0,68	0,96	1,12	0,50	0,56	0,66	0,40	0,63	0,95	0,68	1,09	1,33

Pour les sols des trois premiers groupes, le même fait résulte au contraire de la forte proportion de particules grossières qu'ils renferment; celles-ci sont constituées par les débris et les minéraux peu altérés de la roche mère, comme l'avaient déjà observé microscopiquement Delage et Lagatu ([2]), puis Dumont ([3]). Certes par rapport à la roche mère, on constate une perte de silice et de bases, et un gain d'eau, d'alumine et d'oxyde de fer, entraînant une baisse des rapports $SiO_2/Al_2O_3+Fe_2O_3$ et $Bases/Al_2O_3+Fe_2O_3$; mais ces effets de l'altération sont insuffisants pour faire perdre à la constitution élémentaire ses caractères initiaux. Les degrés d'altération calculés d'après le rapport Al_2O_3 argile/Al_2O_3 total $\times$ 100 ont donné pour ces sols des chiffres compris entrs 10 et 20 %. Ces résultats seraient encore plus accentués si l'on avait tenu compte des cailloux et graviers.

La rareté des minéraux détritiques autres que le quartz dans les alluvions ou les sédiments déposés loin de leurs lieux d'origine, contraste avec la richesse en ces minéraux des produits éluviaux des roches éruptives. Cette remarque nous conduit à penser, que sous notre climat tempéré, c'est aux actions mécaniques se produisant au cours de longs transports par les eaux courantes, que revient la plus grande part de l'altération même chimique des silicates.

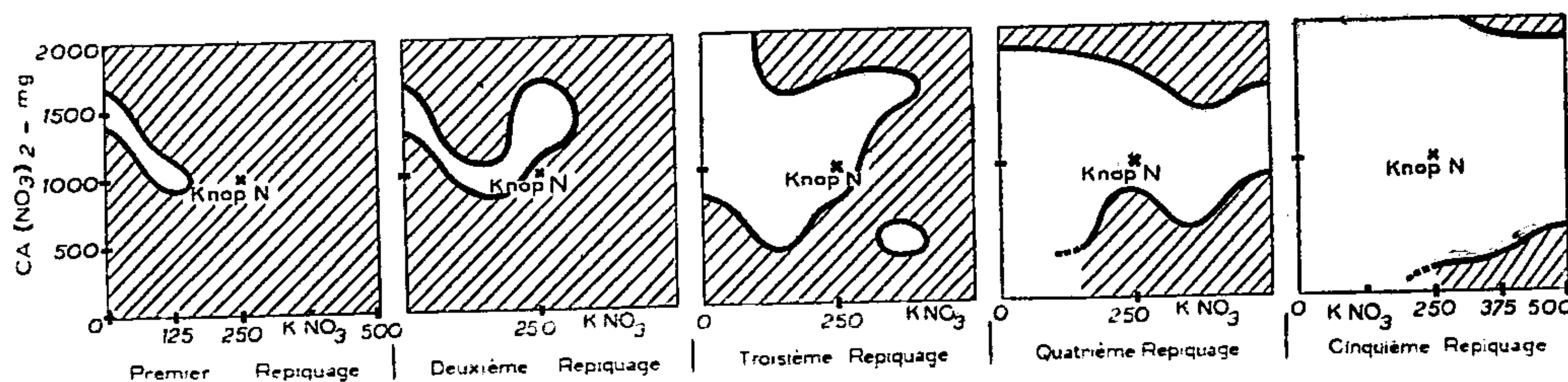
([2]) *Comptes rendus,* **139**, 1904, p. 1043 et 1233.

([3]) *Comptes rendus,* **149**, 1909, p. 1390.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la désensibilisation vis-à-vis des milieux nutritifs des prothalles d'*Asplenium sp. *en culture aseptique*. Note (*) de M. **Iaroslav Sossountzov**, présentée par M. Joseph Magrou.

Dans une Note précédente (1), nous avons publié les courbes de croissance en 45 jours de prothalles d'*Asplenium sp.* aseptiquement cultivés sur des milieux contenant des quantités variables de $Ca(NO_3)_2$ (de 0 à 2000^{mg} par litre d'eau distillée) et de KNO_3 (de 0 à 500^{mg}) et des quantités constantes de $MgSO_4$ (250^{mg}) et de K_2HPO_4 (250^{mg}). Nous avons alors remarqué que les valeurs de l'accroissement pondéral moyen en 45 jours augmentaient jusqu'au 4e repiquage pour demeurer stables lors des repiquages suivants : les prothalles pouvaient alors être considérés comme définitivement *adaptés* à leurs milieux respectifs.

Dans la présente Note, nous avons cherché à préciser cette notion d'*adaptation au milieu*. Avec les valeurs obtenues précédemment, nous avons calculé la variance pondérale σ^2 des prothalles pour chacun des milieux étudiés, depuis le 1er jusqu'au 5e repiquage (2). Sur les graphiques ci-contre,



les territoires recouverts de hachures comprennent les milieux sur lesquels se sont développées les cultures qui présentent des variances égales ou supérieures à 200. L'examen successif des 5 graphiques montre que le territoire des variances inférieures à 200 (laissé en blanc) s'agrandit à mesure qu'augmente le nombre des repiquages subis par les cultures. Au 5e repiquage, il n'y a plus guère que les cultures se développant sur les milieux à faibles teneurs en $Ca(NO_3)_2$ et à fortes teneurs en $Ca(NO_3)_2$ et KNO_3 qui présentent des variances supérieures à 200 (partie hachurée).

Quelle signification biologique attribuer à ce phénomène (3)?

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1634.

(2) La relation employée était $\sigma^2 = 1/n[\Sigma x^2 - (1/n)m^2]$, où Σx^2 est la somme, pour chaque milieu, des carrés des n valeurs x de l'accroissement pondéral en 45 jours, et m la moyenne de ces valeurs x. Le nombre des cultures pesées, pour un milieu donné, variait, en général, entre 18 et 24.

(3) Rappelons que la variance, étant une mesure quantitative de la dispersion des valeurs, sera, d'après sa définition même, d'autant plus élevée que les écarts observés par rapport à leur moyenne seront plus importants.

Les prothalles de premier repiquage, cultivés sur des milieux auxquels ils ne se sont pas encore accoutumés, réagissent de façon désordonnée à leur contact, comme si leur *sensibilité* vis-à-vis d'eux était très grande, et se développent donc avec des vitesses variables. C'est précisément cette croissance inégale des cultures qui fournit, à la pesée après 45 jours, des écarts considérables par rapport aux valeurs moyennes de l'accroissement pondéral pour chacun des milieux étudiés; ces écarts s'expriment par la forte valeur de la variance. Au contraire, lors des repiquages ultérieurs, les prothalles, s'adaptant peu à peu à leurs milieux respectifs, réagissent moins à ceux-ci, comme si leur sensibilité s'était atténuée; leur croissance est plus régulière et les valeurs de la variance plus réduites. Il nous semble donc permis de dire que, biologiquement, la diminution de la grandeur des variances exprime une *désensibilisation* progressive des prothalles vis-à-vis de leurs milieux respectifs.

L'adaptation des cultures à leurs milieux s'effectue donc en même temps que leur désensibilisation. Ces deux processus ne sont d'ailleurs pas corrélatifs l'un de l'autre. Le 1er traduit une variation globale de la croissance des cultures au cours des repiquages successifs, puisqu'il est indiqué par les valeurs moyennes de l'accroissement pondéral, alors que le 2e indique les variations qui se produisent autour de cette même valeur moyenne, c'est-à-dire à l'intérieur de l'ensemble des valeurs qui conduisent à la détermination de celle-ci.

L'indépendance de la désensibilisation vis-à-vis de l'adaptation est d'ailleurs décelable par le simple examen des courbes de croissance (¹) et des courbes ci-contre de la répartition des variances : alors que l'augmentation progressive des valeurs moyennes de l'accroissement pondéral qui indique l'adaptation des cultures est achevé après le 4e repiquage pour tous les milieux, les variances restent encore élevées, à ce stade, pour certains milieux, ce qui indique que la désensibilisation prothallienne n'est pas encore terminée. Et inversement : les cultures qui se développent sur le milieu $Ca(NO_3)_2$ — 1500^mg^, KNO_3 — 250^mg^ sont désensibilisées dès le 2e repiquage, alors que leur adaptation continue.

L'adaptation n'implique, par conséquent, pas la désensibilisation.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nutrition et le métabolisme azotés des feuilles détachées.* Note (*) de M. **Alexis Moyse**, présentée par M. Raoul Combes.

Parallèlement à l'étude des relations entre les échanges gazeux respiratoires et la nutrition azotée des feuilles détachées (¹), j'ai suivi les variations des principales formes azotées dans des lots de limbes identiques, traités de la même manière, appartenant au Blé Fylgia Vilmorin (*Triticum vulgare* Vill.)

Une série de lots (lots N) provient de pieds normalement ravitaillés en aliment azoté et les limbes qui les constituent baignent par leur base dans une solution nutritive azotée [$SO_4(NH_4)_2$].

Une deuxième série provient de pieds préalablement carencés en aliment

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(¹) A. Moyse, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 103-105.

azoté et les limbes sont maintenus sur un milieu de culture dépourvu d'azote (lots A). Une troisième série est composée de limbes prélevés sur des pieds carencés en azote, mais ils baignent ensuite dans une solution nutritive azotée. (lots R).

Le tableau suivant groupe les quantités des substances azotées dosées exprimées en milligrammes, rapportées à 100 limbes de Blé Fylgia (semé le 22 avril, limbes des feuilles n° 5, cueillis le 14 juin, maintenus à la lumière diffuse).

	Lots N.			Lots A.		
	16 juin 9h.	18 juin 9h.	20 juin 9h.	16 juin 9h.	18 juin 9h.	20 juin 9h.
Poids de substance sèche, en mg	3283	3239	3201	3002	2971	2892
N total	135,84	140,40	139,95	123,93	110,16	109,44
N ammoniacal	1,77	1,55	3,97	0,52	1,10	1,36
N nitrique	1,31	2,52	1,57	4,32	2,82	3,27
N organique total	132,76	136,33	134,41	119,09	106,24	104,86
N protéique	87,65	86,31	67,86	85,71	67,35	57,03
N organique soluble	45,11	50,02	66,55	33,38	38,89	47,83
N total des amides instables (glutamine)	10,24	15,34	18,38	6,30	3,62	6,36
N total des amides	16,16	20,98	25,60	7,38	7,96	12,32
N des ac. aminés	28,79	30,67	37,30	26,42	29,06	30,68

	Lots R.				
	16 juin 9h.	17 juin 9h.	18 juin 9h.	19 juin 9h.	20 juin 9h.
Poids de substance sèche, en mg	3073	3051	3028	3016	3012
N total	126,87	132,11	130,60	129,63	124,61
N ammoniacal	0,54	2,44	3,09	1,93	1,66
N nitrique	4,42	4,58	6,78	4,10	4,09
N organique total	121,91	125,09	120,73	123,60	118,86
N protéique	87,73	85,79	77,52	73,89	69,58
N organique soluble	34,18	39,30	43,21	49,71	49,28
N total des amides instables (glutamine)	6,46	5,50	9,20	11,70	9,04
N total des amides	7,56	9,88	11,08	12,30	15,66
N des ac. aminés	27,04	27,10	29,59	35,47	33,43

Le transfert des lots R sur milieu nutritif azoté est fait le 16 juin à 15h.

Lots N. — Un léger accroissement du taux de N total se manifeste d'abord, dû à l'augmentation du taux de N organique, principalement de celui de N des amides instables (glutamine). Puis la quantité de N total se maintient constante, le taux de N protéique diminue (22 %) et l'augmentation corrélative du taux de N soluble organique est due à la fois à l'élévation de la quantité de N des amides et de celle des acides aminés.

Lots A. — Le taux de N total diminue nettement (12 %) ainsi que celui de N organique, les protéines subissent une hydrolyse beaucoup plus intense que dans le cas précédent (33 %). Leur disparition n'est pas totalement compensée par l'augmentation du taux de N organique soluble. Elle s'accompagne d'une libération d'ammoniaque dont une partie seulement est retenue dans les tissus (*cf.* H. B. Vickery, G. W. Pucher, A. J. Wakeman et C. S. Leavenworth, 1937) (²) à l'état d'amides secondairement formées.

Lots R. — Les variations sont comparables d'abord à celles observées avec les lots N, puis à celles des lots A.

Le taux de N total s'accroît par suite d'une augmentation des quantités de N ammoniacal et de N organique soluble (amides surtout), puis il diminue de même que le taux de N organique.

La protéolyse génératrice de NH_3 est presque totalement compensée par l'accroissement du taux des amides (plus de 100 % après 96 heures). Le taux de N nitrique s'élève légèrement au début, les tissus pouvant poursuivre l'oxydation des formes azotées hydrogénées jusqu'au stade oxygéné (W. H. Pearsall et M. C. Billimoria) (³).

Les analyses similaires faites sur des limbes non préalablement séparés des pieds, en automne, alors que la teneur en glucides est basse, donnent des résultats sensiblement identiques avec toutefois une protéolyse beaucoup moins marquée.

L'apport de sels ammoniacaux aux limbes carencés ou non retarde la protéolyse et la perte de N. Il provoque un enrichissement en amides dont N provient aussi bien des sels ammoniacaux du milieu de culture que de l'ammoniaque libérée par la protéolyse.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des akènes sur la croissance du réceptacle du Fraisier.* Note (*) de M. **Jean Nitsch**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Deux phénomènes apparaissent après la fécondation des plantes supérieures. Le premier est le développement de l'ovule en graine. Le second est la croissance des tissus de l'ovaire qui entourent les ovules pour donner naissance au fruit, croissance qui s'arrête prématurément lorsque la fécondation n'a pas lieu. C'est l'investigation de ce dernier phénomène qui a été entreprise dans ses rapports avec la formation des fruits charnus.

Le pollen a une action directe sur la formation de la graine. Sur celle du fruit, il semble agir par la diffusion d'une auxine. Il est possible, en effet,

---

(²) In A. C. Chibnall, *Protein Metabolism in the Plant.* Yale University Press, New-Haven, 1939.

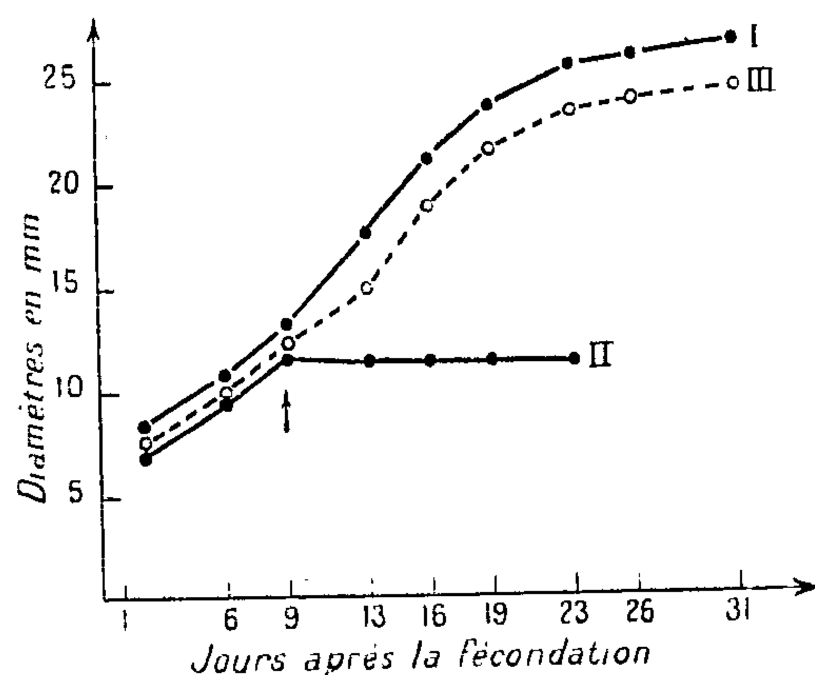
(³) *Biochem J.*, 31, 1937, p. 1743-1750.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

d'obtenir des fruits parthénocarpiques par application d'extraits de pollen ([1]). Mais la quantité d'auxine apportée par les quelque cent grains de pollen qui réalisent généralement la fécondation d'une fleur est souvent trop faible pour expliquer la croissance des tissus de l'ovaire.

Les ovules, eux aussi, semblent jouer un rôle important. Leonard L. Luckwill réussit à provoquer le développement de Tomates parthénocarpiques au moyen d'extraits aqueux de jeunes graines de pommes ([2]). H. Dollfus enleva les graines de plusieurs fruits, les remplaça par une pâte à la lanoline contenant des substances de croissance et constata le développement des fruits traités ([3]). Mais de telles opérations chirurgicales sont délicates et n'ont pu être répétées avec succès. Un fruit dont les graines seraient à l'extérieur semblait souhaitable. Le Fraisier présente cet avantage, quoique la fraise ne soit pas un fruit, les vrais fruits étant les akènes. Mais nous assistons là à un phénomène analogue à ce qui se passe dans les fruits charnus, à savoir la croissance d'un tissu voisin des ovules à la suite de la fécondation.

Le rôle des akènes dans la croissance du réceptacle a été mis en évidence de deux façons différentes.



Courbes de croissance : I, d'une fraise normale; II, d'une fraise dont les akènes ont été enlevés le 9e jour; III, d'une fraise dont les akènes ont été enlevés le 9e jour, mais avec acide β-indolbutyrique.

1° Si l'on enlève une partie des akènes fécondés sur un réceptacle, on constate que seules les régions qui supportent les akènes restants se développent. Ainsi, si l'on conserve seulement les akènes situés sur deux rangs, suivant un méridien, on obtient une fraise allongée et aplatie sur ses deux côtés. Si, au contraire, on conserve des akènes suivant un parallèle, la fraise devient courte et tronquée. La plupart des difformités que présentent les fraises dans la nature

([1]) F. G. Gustafson, *Am. J. Bot.*, 24, 1937, p. 102-107.
([2]) *Nature*, 158, 1946, p. 663.
([3]) Wuchsstoffstudien, *Planta*, 25, 1936, p. 1-21.

sont dues au manque de fécondation de certains akènes ou à la mort de ceux-ci au cours du développement.

2° La croissance des fraises a été suivie en mesurant deux diamètres perpendiculaires, au dixième de millimètre, au moyen d'un pied-à-coulisse. Les mesures ont été faites tous les trois jours. Les résultats obtenus ont permis de tracer des graphiques concordants, aussi bien pour les sujets cultivés en serre que pour ceux croissant en pleine terre.

Avec les fraises normales, on obtient la courbe en « S », caractéristique des tissus en croissance. Si l'on enlève avec précaution tous les akènes d'un réceptacle avant la période de maturité, on arrête la croissance complètement. Cette opération est possible sans trop léser le réceptacle en suivant une technique très simple. Si, après avoir enlevé tous les akènes, on enduit le réceptacle d'une pâte de lanoline contenant 0,3 % d'acide β-indolbutyrique, on constate que la croissance se poursuit normalement suivant une courbe parallèle à la courbe de croissance des réceptacles pourvus de leurs akènes.

Ces résultats conduisent à penser que les akènes, au cours de leur développement, produisent naturellement une substance du type des *hormones végétales* induisant la croissance du réceptacle. Les recherches continuent.

PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — *Étude d'un phénomène de sensibilisation olfactive.* Note de M. **Jacques Le Magnen**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons précédemment décrit (¹) le phénomène de sensibilisation à l'odeur musquée de l'exaltolide, survenant presque exclusivement chez la femme à l'apparition du système hormonal pubertaire, cette sensibilité liée au sexe semblant généralement se maintenir après ménopause et ovariectomie. Ce phénomène nous suggérait l'hypothèse de l'intervention dans le métabolisme des hormones sexuelles féminines d'une substance macrocyclique à odeur musquée capable d'agir au niveau périphérique sur l'organe olfactif pour déclencher ou exalter une sensibilité spécifique à l'odeur de ce corps. Nous avons donc cherché l'existence d'un processus de sensibilisation olfactive consécutif à la présence dans l'organisme d'une substance odorante ou non, pour en tirer les conséquences qu'il comporte dans l'interprétation du mécanisme de l'excitation olfactive.

Après avoir mesuré les seuils olfactifs d'un sujet pour l'odeur de quatre substances (salicylate d'amyle, eucalyptol, camphre, éther) et avoir longuement observé les variations quotidiennes normales de ces seuils en rapport avec les variations du seuil d'une valeur témoin (safrol) (permettant ultérieurement de corriger cette variation normale), nous avons administré au sujet par

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 694-695.

voie intramusculaire des doses variées de ces substances et, suivant les cas, en injections répétées ou non. Nous avons observé : 1° qu'après un temps d'incubation de un à huit jours, le seuil pour l'odeur de la substance injectée est abaissé de deux à dix fois par rapport à sa valeur normale. 2° Cette sensibilisation est suivie d'une désensibilisation, assez rapide, les premiers jours, puis devenant plus lente. 3° Dans les quatre cas la sensibilisation a persisté à un niveau assez élevé après 30 jours. 4° L'injection d'une seconde dose, après que l'établissement de la sensibilisation a été constaté, provoque une désensibilisation brusque et passagère se comportant comme un état réfractaire (observé sur l'eucalyptol).

Il est donc démontré que l'introduction dans l'organisme d'une substance odorante exalte, de façon durable et bien après son élimination, la sensibilité olfactive à cette substance. L'interprétation que permet ce fait, du phénomène de l'exaltolide, autorise à penser que toute substance pénétrant dans l'organisme par une voie quelconque (parentérale, hormonale et sans doute également alimentaire) agit de façon durable sur la sensibilité olfactive correspondante. Cette sensibilisation peut se traduire, soit par l'augmentation d'une sensibilité préexistante, soit par la création d'une nouvelle sensibilité. Les faits observés sur des sujets devenant fortement sensibles, après injections massives, à l'odeur de pénicilline, normalement presque inodore, confirment ce dernier point. Les caractéristiques de la sensibilité olfactive, au point de vue qualificatif et quantitatif, par rapport aux molécules stimulantes, seraient donc dues, par généralisation de cette hypothèse, à des sensibilisations acquises par ce processus. Cette interprétation s'accorde avec un certain nombre de données bien établies, telles que la grande variabilité interindividuelle des sensibilités olfactives (fréquence et parosmies et anosmies partielles), et le fait récemment observé par Adrian que, chez diverses espèces animales, le maximum de sensibilité olfactive (apprécié par l'intensité des décharges de potentiel d'action) correspond aux odeurs des aliments spécifiques prédominants. Cette même interprétation permet de rendre compte par une sensibilisation olfactive des électivités très étroites de la recherche alimentaire observées chez de nombreuses espèces animales.

L'évolution que nous avons observée de la sensibilisation expérimentale nous conduit à une hypothèse de travail sur le mécanisme de cette sensibilisation et par là à une interprétation satisfaisante du mécanisme de discrimination qualitative dans l'olfaction. Le temps d'incubation, la désensibilisation, l'état réfractaire intervenant après une seconde injection, rappelant l'évolution d'un processus immunologique, suggèrent l'hypothèse d'un mécanisme humoral de la discrimination olfactive. En effet, divers auteurs, ont été amenés à supposer la présence, en répartition homogène, dans les cellules olfactives d'un nombre élevé de substances osmoceptrices réagissant spécifiquement avec les molécules stimulantes. Or, les sérums globulines, irriguant ces cellules, manifestent, par

rapport aux antigènes ou anaphylactogènes, une réactivité comparable, par la spécificité qualitative étroite (distinction des isomères et stéréoisomères, etc.) et par le niveau d'action quantitatif, à celle qui intervient dans l'excitation olfactive. On peut donc supposer que c'est ce même système physicochimique antisérique (électivement fixe dans les muqueuses) qui, dans la cellule olfactive, réagissant avec les molécules odorantes stimulantes, y provoque le départ d'un influx. On sait que Loiseleur a montré la potentialité antigénique des petites molécules. Cette hypothèse d'une origine humorale de l'excitabilité olfactive permet, dès maintenant, de rendre compte d'un grand nombre de phénomènes; en particulier des comportements animaux basés sur des réceptions olfactives spécifiques tels que la reconnaissance de l'hôte par les parasites, l'attirance sexuelle étroitement limitée à l'espèce, etc. Nous poursuivons avec l'étude de la sensibilisation olfactive acquise la confirmation expérimentale de cette hypothèse.

PHYSIOLOGIE RADIOLOGIQUE. — *Mesure de la capacité respiratoire locale par les rayons* X. *Stati-densigraphie*. Note (*) de M. **Maurice Marchal**, présentée par M. René Leriche.

L'estimation de la capacité respiratoire d'un seul poumon peut être faite chez l'Homme en introduisant une sonde à ballonnet dans la bronche souche. Mais cette méthode de l'occlusion bronchique est antiphysiologique et, dans certains cas, dangereuse ([1]). Elle ne peut donner aucune indication pour une zone de quelques centimètres cubes, par exemple. Aussi, avons-nous essayé d'adapter notre procédé de ciné-densigraphie ([2]) à l'estimation de la transparence pulmonaire inspiratoire et expiratoire. Nous n'enregistrons plus la cinétique vasculaire du poumon, mais la densité à l'état statique du poumon en inspiration ou expiration. Nous avons appelé ce procédé *stati-densigraphie*.

Il est banal de constater à l'écran radioscopique un éclaircissement de l'image pulmonaire par l'inspiration profonde. Ce phénomène, dû à la diminution de l'absorption des rayons X, est proportionnel à la quantité d'air inspiré. Donc un récepteur photo-électrique sensible, placé devant l'écran, permettra d'estimer localement le degré de ventilation pulmonaire.

On explore ainsi un prisme de parenchyme pulmonaire, découpé par le faisceau X, de 1^{cm^2} de base, par exemple.

(*) Séance du 22 novembre 1948.

([1]) Arnaud, Tuloo et Merigot, *Exploration de la fonction respiratoire*, Paris, 1947.

([2]) Maurice Marchal, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 973 et 1314; *Congrès de Cardiologie*, Royat, 1946; *Congrès de Radiologie de Paris*, 1947; *Congrès International de Cardiologie de Chicago*, juin 1948; *Société de Cardiologie*, 1946-1947-1948; *Soc. médicale des Hôpitaux*, mai 1947; *Archives de cardiologie*, septembre 1946; *Congrès International de Genève*, juillet 1948.

Du point de vue physique, le problème revient à mesurer l'absorption d'un rayonnement X polychromatique, RX traversant un filtre à densité variable.

Ce filtre, constitué par le poumon et, en définitive, par l'alvéole pulmonaire, peut être schématisé ainsi (*fig.* 1). L'alvéole, se dilatant par l'inspiration, écarte toutes ses parois. Dans le cas du schéma, les parois parallèles au rayonnement RX, a, a_1, a_2 incident, interviennent seules pour augmenter la transparence.

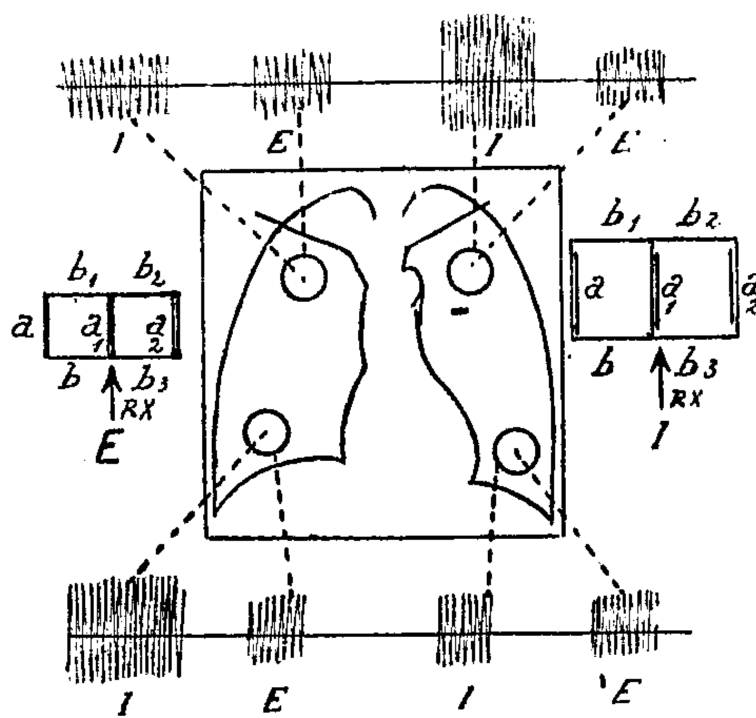


Schéma d'enregistrement stati-densigraphique dû poumon de M. de B....

Ancien pneumo gauche abandonné. Actuellement, *infiltration sous-claviculaire droite micronodulaire*. La cellule est placée successivement en regard de la région *sous-claviculaire gauche* où, en inspiration I, l'amplitude du 100 périodes = 15^{mm}. En expiration complète E elle est de 4^{mm}. Le rapport de ventilation est donc de 15/4. Au niveau de la base gauche, mauvaise ventilation, avec rapport de 7/6. A la base droite, bonne ventilation : rapport 14/6. Dans la région sous-claviculaire droite, qui paraît assez transparente à l'écran, la ventilation est mauvaise. En inspiration, amplitude de 7^{mm}, et en expiration, amplitude de 6^{mm}. *En somme :* bonne ventilation sous-claviculaire gauche et basale droite.

Les parois b, b_1, b_2, b_3, s'écartant selon un axe perpendiculaire aux RX, n'interviennent pas dans la perméance du filtre pulmonaire (abstraction faite du rayonnement secondaire).

Pour juger de la quantité de rayonnement X qui traverse le sujet, nous utilisons l'émission discontinue de l'anti-cathode. Dans le cas d'un générateur à quatre kénotrons, nous disposons d'un rayonnement présentant 100 impulsions par seconde. Ce rayonnement est reçu par une cellule sensible. La variation de potentiel, ainsi produite, est amplifiée par les moyens habituels et examinée sur l'écran d'un oscillographe cathodique. Simultanément, elle est enregistrée sur un film gradué, par un oscillographe électromécanique, dont le tracé est schématisé figure 1.

Technique de l'enregistrement. — Le malade est placé derrière l'écran radioscopique; on centre la cellule photo-électrique sur la zone pulmonaire à examiner. On demande au malade de faire une inspiration profonde, *puis de rester en apnée*. A ce moment, on enregistre le 100 périodes X, induit dans la

cellule. Puis, dans un deuxième temps, on demande au malade de faire une expiration complète et l'on enregistre, à nouveau, en apnée. On obtient ainsi par comparaison, *de l'amplitude* du 100 périodes, mesurée en millimètres, une estimation relativement précise de la quantité d'air qui a pénétré localement le parenchyme en inspiration forcée, et ceci pour une zone limitée par l'ouverture du diaphragme de la cellule. On enregistre successivement la valeur inspiratoire et expiratoire de toutes les zones désirées.

Causes d'erreurs. — Il y a lieu évidemment d'éviter les opacités costales antérieures et postérieures, ainsi que les opacités cutanées, et il faut centrer la cellule en inspiration et la recentrer en expiration; l'erreur due à l'augmentation du débit circulatoire en inspiration peut être mesurée par la ciné-densigraphie et ainsi évitée.

Résultats. — On obtient *la capacité vitale locale ou générale.*

On peut estimer localement le volume *de l'air courant, de l'air complémentaire* et *de l'air de réserve*, au repos et à l'effort, et ceci très rapidement, sans intervention pénible pour le malade.

On peut donc établir une véritable carte topographique de la ventilation pulmonaire et l'on opère dans des conditions parfaitement physiologiques, puisque le sujet n'est en connexion par aucun élément matériel avec les appareils enregistreurs.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Essai d'interprétation de l'aberration sphérique de l'œil et de ses variations avec l'état d'accommodation.* Note(*) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

La figure 1 représente ([1]) l'aberration sphérique moyenne de l'œil pour des amplitudes d'accommodation variant de 0 à 3 dioptries, mesurée par l'auteur ([2]) en 1946 sur 10 yeux. En trait discontinu, l'aberration sphérique calculée par Yves Le Grand ([3]), en admettant que les divers dioptres oculaires sont sphériques, ce qui est très sensiblement réel pour une distance à l'axe inférieure à 2^{mm}. Étant donné d'une part que dans l'aberration calculée la part due à la face avant du cristallin est inférieure à 10 %, et étant donné d'autre part que seule cette face avant du cristallin varie d'une manière sensible durant l'accommodation, l'aberration sphérique calculée est très sensiblement indépendante de l'état d'accommodation de l'œil.

Si l'on compare aberrations *mesurée* et *calculée*, on voit d'une part que pour l'œil désaccommodé l'aberration mesurée est de beaucoup supérieure à

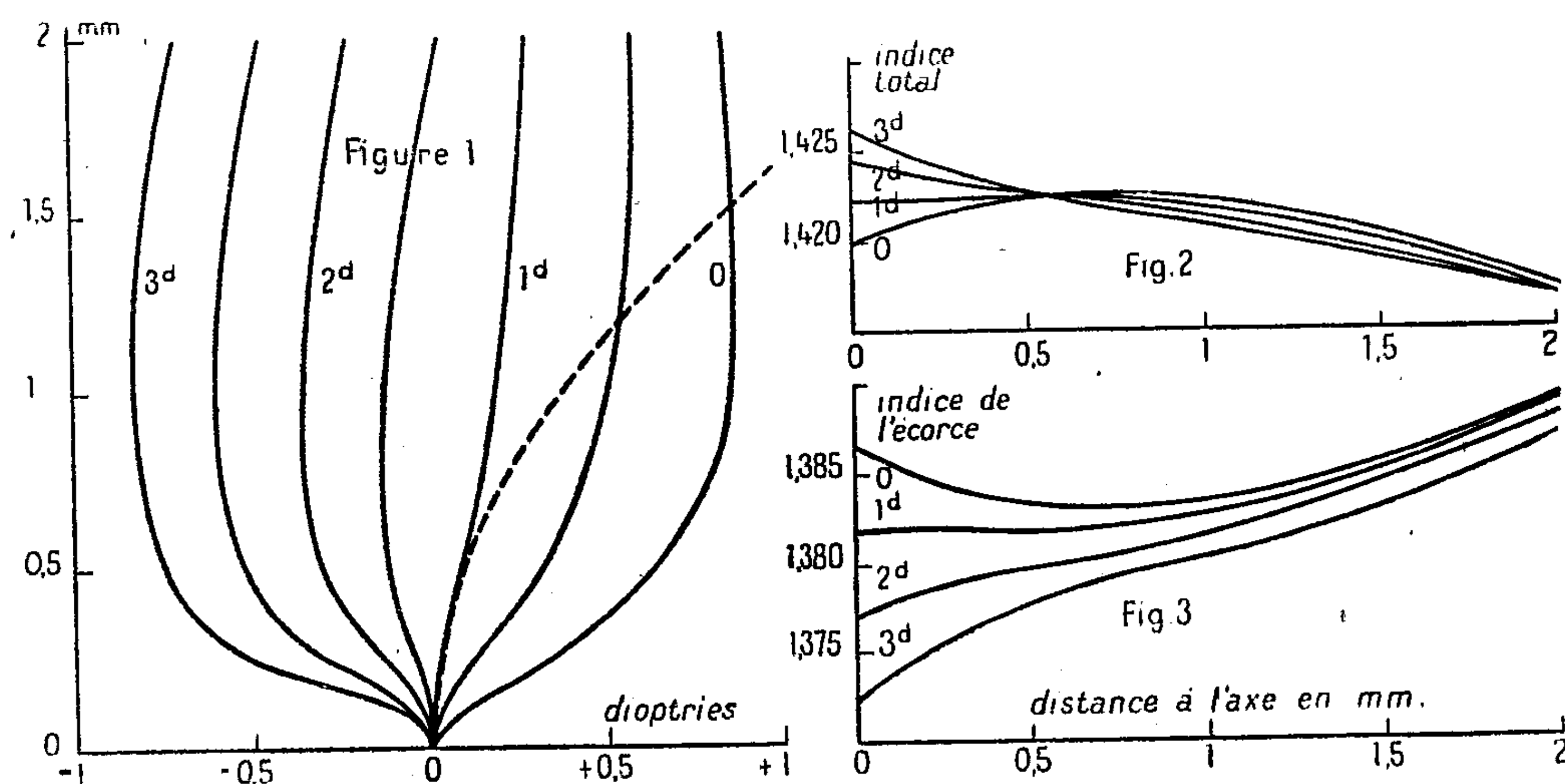
(*) Séance du 8 décembre 1948.

([1]) En ordonnée la hauteur d'incidence sur la pupille, en abscisse la valeur de l'aberration.

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1027; *Revue d'Optique*, 26, 1947, p. 145.

([3]) *Cours d'Optique physiologique à l'Institut d'Optique de Paris.*

l'aberration calculée (tout au moins pour une distance à l'axe inférieure à $1^{mm},5$), et d'autre part que contrairement à l'aberration calculée, l'aberration mesurée varie énormément avec l'état d'accommodation (ainsi que l'avait déjà signalé Tscherning). Ces deux faits peuvent s'interpréter par l'hétérogénéité du cristallin, et par les modifications de structure que subit ce dernier durant l'accommodation, modifications qui sont révélées par l'existence du *mécanisme intracapsulaire de l'accommodation* (consistant en une augmentation de l'indice total du cristallin durant l'accommodation), étudié par l'auteur (¹) dans une Note précédente. En effet d'une part la variation de l'indice du cristallin désaccommodé, de l'axe vers la périphérie, explique la forte aberration sphérique de l'œil désaccommodé, et d'autre part la variation durant l'accommodation de la répartition des couches d'égal indice du cristallin explique la forte variation de l'aberration sphérique avec l'état d'accommodation.



On peut se faire une idée des variations de l'*indice total à la traversée du cristallin*, en fonction de la distance à l'axe et pour chaque état d'accommodation, en admettant que l'aberration due à ces variations est la différence des aberrations mesurée et calculée. La figure 2 représente les résultats obtenus dans cette hypothèse (l'indice total *sur l'axe* est fourni par l'étude du mécanisme intracapsulaire de l'accommodation) (¹). Si l'on admet que le cristallin est constitué par un *noyau* homogène, immuable durant l'accommodation, et par une *écorce* dont l'indice varie de l'axe vers la périphérie et change durant l'accommodation, l'indice de cette écorce peut être déduit de l'indice total à la traversée du cristallin, par un calcul simple si l'on applique au noyau et à l'écorce la formule des lentilles minces accolées. La figure 3 représente l'indice de l'écorce calculé moyennant ces approximations, en fonction de la distance

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1407.

à l'axe, et pour une amplitude d'accommodation variant de o à 3 dioptries. Contrairement aux résultats concernant l'indice total à la traversée du cristallin (*fig.* 2), ceux concernant l'indice de l'écorce (*fig.* 3) sont simples : l'indice de l'écorce diminue au voisinage de l'axe durant l'accommodation (par apport de matière depuis la périphérie de l'écorce, dont l'indice est assez faible comme on le sait) et c'est sur l'axe qu'il diminue le plus vite, ce qui assure un mécanisme intracapsulaire important.

Les hypothèses et approximations qui nous ont conduit aux figures 2 et 3 ne constituent évidemment qu'un schéma assez grossier. Notre seul but est de donner une interprétation *qualitative* des phénomènes.

ÉCOLOGIE MARINE. — *Périodes de mue chez un Crustacé à croissance lente* (Xantho floridus *Montagu*) *dans le district septentrional de son aire de répartition.* Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Louis Fage.

Les résultats rapportés dans cette Note concernent un cas particulier d'un problème très général, mais peu étudié, d'écologie animale, celui de l'ajustement de certains rythmes physiologiques aux variations annuelles des facteurs climatiques. Les Arthropodes ont pour ces questions l'avantage de présenter une périodicité de croissance marquée par les mues; alors que cette périodicité ne concerne que la vie larvaire chez les Insectes, elle intéresse la vie tout entière chez les Crustacés; ces derniers présentent un autre avantage sur les Insectes : celui d'avoir pendant une longue partie de leur vie post-larvaire, une périodicité de reproduction superposée à la périodicité de croissance. Tandis que sur terre les variations saisonnières intéressent une multiplicité de facteurs (au minimum température, humidité, lumière) dont les effets interfèrent d'une manière mal connue, les variables du milieu marin sont moins nombreuses : les variations saisonnières d'éclairement intervenant surtout sous les hautes latitudes, ce sont les variations thermiques qui jouent le rôle essentiel pour la faune benthique des régions tempérées.

Nous envisagerons ici l'action des saisons sur la date et la périodicité des mues. Chez les espèces à croissance rapide et mues rapprochées, l'action des saisons se traduit le plus souvent par une variation dans la fréquence des mues. Pour les espèces à croissance lente et mues espacées, l'action de la température localise d'une manière plus ou moins précise les mues dans une ou deux périodes particulières de l'année. Dans les deux cas, il importe de pouvoir préciser quantitativement les relations entre les variations de température, la fréquence des mues et leur localisation dans le temps. J'ai pour cela mis au point une méthode statistique fondée sur le repérage précis des étapes successives parcourues par les Crustacés entre deux mues; la détermination des pourcentages de ces étapes, effectuée tout le long de l'année, permet de connaître la répartition des mues dans le temps et la proportion des individus

effectuant leur mue dans une période déterminée. Sans insister sur ces questions de méthode, je donnerai ici des résultats concernant *Xantho floridus* (Montagu), en les comparant à ceux concernant *Cancer pagurus* Linné, *Carcinides mœnas* (Linné) et *Portunus puber* (Linné). Ces quatre espèces sont du type à croissance lente (de 1 à 3 ou 4 mues annuelles). Ces résultats sont basés sur des statistiques mensuelles effectuées à Roscoff pendant 18 mois consécutifs (1941-1942) et peuvent être considérés comme valables pour la Manche occidentale.

Chez *Portunus puber*, *Carcinides mœnas* et *Cancer pagurus*, les mues peuvent avoir lieu à toutes les périodes de l'année, à raison d'une, deux ou trois par an selon la taille des individus; toutefois le pourcentage des mues dans les populations présente des maxima plus ou moins nets selon l'espèce : chez *Portunus puber*, maximum très net en mai et juin; chez *Carcinides mœnas* et *Cancer pagurus* maxima moins nets au printemps et à l'automne, et par contre, minimum très net en été. Chez ces trois espèces (surtout *Cancer pagurus* et *Carcinides mœnas*), la relation mue-température est assez lâche dans la gamme des températures annuelles de la Manche, puisqu'à toutes les saisons, une certaine proportion des individus est susceptible de muer.

Les faits sont très différents chez *Xantho floridus*: aucune des étapes encadrant la mue de quelques semaines, ne se rencontre entre le début de novembre et le mois de juin; en juin, mais surtout en juillet et août les populations montrent un pourcentage de plus en plus élevé d'individus en étapes préparatoires à la mue; ces taux décroissent en septembre et octobre, tandis que ceux relatifs aux étapes consécutives à la mue augmentent pendant ces deux mois. Tout ceci implique une localisation exclusive des mues de juin à octobre avec maximum en août et septembre. Les étapes préparatoires à la mue, dont l'ensemble dure de quatre à six semaines, se situent donc, à Roscoff, en juillet et août, c'est-à-dire pendant les deux mois où la température de l'eau de mer est maxima (17-18°).

La période de ponte, bien antérieure à la mue se situe en fin mars, avril et mai, la période d'incubation pouvant s'étendre jusqu'au début de juillet. La mue de *Xantho floridus* est donc, en Manche, liée à des conditions de température élevée (17-18°), alors que la vitellogénèse, la ponte et l'incubation se font à des températures beaucoup plus basses (10 à 15°). Les exigences thermiques de la mue sont d'autant plus intéressantes que chez les autres Métazoaires, ce n'est pas la croissance, mais la ponte et le développement embryonnaire qui présentent les plus fortes exigences de température (G. Thorson).

Il est intéressant de rapprocher ces constatations des faits concernant la répartition géographique de ces espèces; tandis que *Portunus puber*, *Cancer pagurus* et *Carcinides mœnas* ont une large distribution dans les mers du Nord de l'Europe (respectivement jusqu'aux 58°, 68° et 71° de latitude Nord),

Xantho floridus se trouve en Manche dans le district septentrional de son aire de répartition. La comparaison de ces données géographiques et des conditions thermiques de la mue tend à prouver que dans les districts éloignés de la limite septentrionale de répartition, l'optimum thermique des mues est nettement inférieur aux températures maxima des cycles annuels; au contraire, à proximité des limites septentrionales, l'optimum thermique des mues se situe au voisinage des températures maxima.

Ceci conduit à reconnaître, au moins pour certaines espèces, un facteur nouveau dans le déterminisme actuel de la répartition géographique des Crustacés : les conditions thermiques de la mue; en effet, plus que celles de la ponte ou de l'incubation, elles limitent l'expansion de certaines espèces vers les mers plus froides.

Ces problèmes d'écologie, intéressant à la fois la répartition géographique et la physiologie, exigent la comparaison des cycles biologiques de plusieurs espèces, dans des districts variés de leur aire de dispersion; une telle étude demandera un travail d'équipe et même une collaboration internationale.

BIOLOGIE. — *Réactions humorales des chromatophores de la larve de Corethre.* Note de Mme **Marie Dupont-Raabe**, présentée par M. Louis Fage.

En 1947, par une série d'expériences de ligatures et de vernissage des yeux, G. Teissier [1] a pu mettre en évidence le contrôle humoral de l'adaptation chromatique de la larve de Corethre. Une hormone d'origine céphalique provoque l'expansion des chromatophores. La contraction est un phénomène passif qui se produit en l'absence de l'hormone, l'excitation lumineuse des yeux inhibant sa sécrétion.

Ceci connu, il semblait intéressant tout d'abord de préciser le lieu de production de l'hormone pigmentaire chez le Corethre puis de voir, d'une part si d'autres insectes possédaient une hormone agissant sur les chromatophores de Corethre, d'autre part si les hormones pigmentaires d'autres groupes étaient également actives sur le Corethre.

Des expériences d'injections d'extraits d'organes m'ont permis de préciser ces divers points.

Chez les Corethres, le cerveau est le lieu principal de production de l'hormone pigmentaire. Ses extraits, efficaces, même à forte dilution, agissent directement et non par l'intermédiaire d'un autre organe sécréteur. Les ganglions nerveux possèdent probablement quelques éléments sécréteurs, car leurs extraits sont également actifs, mais seulement à une concentration élevée. Ils semblent libérer l'hormone de façon réflexe, en réponse à des excitations périphériques. En effet, lorsque l'on sépare un tronçon de l'animal

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 204-205.

de la région céphalique, soit par une ligature, soit par une section, on observe une faible dilatation des chromatophores, bientôt suivie d'ailleurs, de la contraction caractéristique obtenue par G. Teissier à la suite de ligatures, et que j'ai pu observer également sur des flotteurs isolés en liquide physiologique. Les *corpora allata*, identifiés chez le Corethre par Possompès, ne contiennent pas d'hormone pigmentaire. D'après mes propres observations, les *corpora cardiaca* seraient représentés par quelques cellules, formant en arrière du cerveau un épaississement ventral de la paroi aortique. Malgré leur très faible volume ces organes montrent une activité comparable à celle du cerveau.

On sait que Hanström ([2]) a mis en évidence dans la tête de certains insectes, une hormone pigmentaire, capable de contracter les chromatophores colorés de *Leander* et de dilater les melanophores d'*Uca*. J'ai retrouvé chez les mêmes insectes : Phasmes, Saltatoria, Culicidés, Blattes, une hormone qui provoque la dilatation des chromatophores de Corethre; d'autres insectes en sont moins riches ou en sont dépourvus : Dytique, Notonecte, Calliphora, Galleria. Cette hormone a toujours la même localisation que chez le Corethre. Différentes expériences, utilisant parfois des dilutions, ou des macérations dans du liquide physiologique, montrent que les *corpora allata* et le ganglion frontal ne sécrètent pas d'hormone pigmentaire : les ganglions nerveux et les lobes optiques en contiennent de faibles quantités. Le cerveau et les *corpora cardiaca* contiennent les quantités les plus importantes.

Cependant Thomsen ([3]), reprenant les expériences de Hanström, a localisé, la production d'hormone pigmentaire dans les *corpora cardiaca*. D'après Brown et Meglitch ([4]), les extraits de *corpora cardiaca* de Blatte provoquent, chez l'écrevisse la contraction des chromatophores colorés, alors que les extraits de cerveaux provoquent la contraction des chromatophores blancs. Peut-être s'agit-il, non pas d'une hormone, mais de deux hormones voisines, dont les effets identiques chez les Corethres, seraient dissociés chez les crustacés.

D'autre part, mes expériences confirment une analogie entre les hormones d'insectes et l'hormone pigmentaire de la glande du sinus des crustacés qui provoque une forte dilatation des chromatophores de Corethre. Les hormones pigmentaires de vertébrés : adrénaline et intermédine, et l'acétylcholine, se montrent sans action sur les chromatophores de Corethre.

En conclusion, l'expansine est sécrétée, chez les Corethres, principalement dans le cerveau. Les *corpora cardiaca*, également, sécrètent ou stockent une expansine. D'autres espèces d'insectes, et en particulier, semble-t-il, les espèces qui présentent des changements physiologiques ou morphologiques de coloration tégumentaire, sécrètent dans les mêmes organes, des hormones

---

([2]) *Hormones in Invertebrates*, Oxford, 1939.

([3]) *Biol. Medd. Kbh.*, 19, n° 4.

([4]) *Biol. Bull.*, 79, 1940.

identiques ou voisines, actives sur les chromatophores de Corethre. Il y a sûrement, sinon une identité, du moins une analogie entre ces hormones d'insectes et l'hormone pigmentaire des crustacés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La survie du placenta humain perfusé aseptiquement.* Note de MM. **J.-André Thomas** et **Jacques Varangot**, présentée par M. Robert Courrier.

Les procédés généraux de perfusion physiologique, aseptique et prolongée des gros organes, au sang hématosé (1) ont permis d'obtenir la survie expérimentale des grands fœtus de Mammifères (2). Ces fœtus, pesant plusieurs kilogrammes, peuvent notamment servir de matériel vivant pour la culture massive de certains virus (3).

Il paraissait indiqué d'appliquer de tels procédés aux organes humains normaux. Le seul organe embryonnaire normal, en bon état de vie, que l'on puisse se procurer communément, sans porter atteinte à la personne humaine, est le placenta. De nombreuses tonnes de placenta sont annuellement perdues. Toutefois, les difficultés techniques semblaient considérables; il fallait, principalement, éviter l'infection et empêcher la coagulation du sang dans les vaisseaux, avant que commence le lavage circulatoire préalable.

Notre première expérience proprement dite a porté sur un placenta extrait par opération césarienne. L'écueil de l'infection de l'organe était ainsi réduit à sa plus simple expression, mais non celui de la coagulation du sang dans les vaisseaux. Cependant, ce placenta put être conservé en survie au cours d'une perfusion aseptique de 53 heures.

Mais, étant donnés les buts que l'un de nous cherche à atteindre, il faut arriver à maintenir en vie aseptique tout placenta émis par les voies naturelles, au cours de la délivrance. Pour cela, il convient de faire appel, à la fois, à l'asepsie et à l'antisepsie et d'utiliser les antibactériens actuels, dans des conditions définies; c'est par de tels procédés que fut obtenue, par exemple, la survie expérimentale d'organites ou de petits fragments de membres non stériles (4).

---

(1) J.-André Thomas, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1090-1092 et *J. Physiologie*, 40, 1948, p. 123-146.

(2) J.-André Thomas, L. Salomon, Mme L. Salomon et F. Lamy, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 966-968 et J.-André Thomas, L. Salomon et Mme L. Salomon, *J. Physiologie*, 40, 1948 (à paraître).

(3) J.-André Thomas, L. Salomon et Mme L. Salomon, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 310-311.

(4) J.-André Thomas, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 148-150; J.-André Thomas et Mlle I. Borderioux, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 963-964 et *Arch. Anato. Micro.* et *Morpho. expér.*, 37, 1948 (à paraître).

Le prélèvement du placenta se fait en salle d'opération, à la Maternité de Port-Royal. La parturiente est soigneusement aseptisée, surtout à l'alcool iodé et au liquide de Dakin; le vagin est tamponné au Dakin; la région vulvaire est protégée par des champs. Aussitôt après l'accouchement, un grand champ fendu est passé sous l'enfant et le cordon, puis agrafé sur l'abdomen. Le cordon est pincé, coupé et arrosé, ainsi que la région, d'alcool et de Dakin. A la délivrance, au besoin hâtée par l'extrait hypophysaire, le placenta est porté sur un plateau et recouvert d'une feuille de cellophane. Il reçoit aussitôt, par une artère ombilicale, une injection de 100^{cm^3} du liquide physiologique tamponné de l'un de nous, glucosé, acalcique, contenant 125^{mg} d'héparine: la coagulation du sang est ainsi empêchée en très grande partie. L'amnios, source principale d'infection, est minutieusement éliminé; puis le placenta est plongé dans un bain d'attente et transporté rapidement au laboratoire où l'expérience commence sans délai.

Une canule est posée dans une des deux artères ombilicales, près du placenta, tandis que l'autre artère est liée et la veine coupée. Par cette canule, le lavage vasculaire préalable s'opère lentement; enfin, le placenta est branché sur la circulation artificielle de l'appareil automatique. La perfusion se fait donc par une artère ombilicale, dans le sens physiologique, mais avec du sang hématosé; les anastomoses entre les deux artères ombilicales, à leur entrée dans le placenta, suffisent à assurer la perfusion totale; le retour se fait par la veine béante, la surface placentaire maternelle décollée ne fuit pas pendant toute la durée des expériences (pression artérielle : maximum 7^{cm} Hg, minimum 2; 76 à 90 pulsations à la minute; température 38° C.).

Le milieu utilisé, sur lequel l'un de nous donnera de plus amples détails, est un mélange de solution tamponnée, glucosée à 5 ‰ et de sang humain conservé, allongé au besoin de liquide d'ascite, prélevé dans les hôpitaux; enfin, sont ajoutés les antibactériens : 1^{g} par litre de 6-sulfanilamido 2.4 diméthylpyrimidine (*elcosine*) et, pour 6^{l} : 100000 U de pénicilline et 1^{g} de streptomycine; le tout est porté à un pH légèrement supérieur à 7.

Dans de telles conditions, rigoureusement codifiées, le placenta et le milieu circulant ne s'infectent pas : les ensemencements bactériologiques le prouvent. Il en fut de même ainsi dans un cas où l'accouchement se produisit 24 heures après la rupture des membranes. Perfusé pendant plus de trois jours, le placenta garde une apparence, une odeur, une consistance, une structure générale sensiblement normales; les pycnoses sont relativement peu nombreuses, il y a seulement un certain œdème périvasculaire. Cette durée de survie peut vraisemblablement être prolongée.

Il est donc possible de maintenir en survie, pendant quelques jours, par perfusion physiologique aseptique, en milieu humain dilué, le placenta humain provenant de la délivrance normale.

BIOLOGIE QUANTIQUE. — *Sur la validité du second principe de la thermodynamique en biologie.* Note de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. On a beaucoup discuté pour savoir si le second principe de la thermodynamique était applicable à un système contenant des êtres vivants, sans que des arguments précis et décisifs aient été apportés. Il semble que l'on peut donner une conclusion positive en tenant compte des travaux sur la biologie quantique de Mme Destouches-Février ([1]).

2. Un être vivant n'est pas un système isolé, ni même un système physique défini, mais l'ensemble d'un ou plusieurs êtres vivants et du milieu qui les entoure peut être considéré comme un système défini et pratiquement isolé. Ce cas a été réalisé dans l'expérience de Butler ([2]) sur la croissance du *Penicillium notatum*, qui a éliminé l'action de l'énergie lumineuse en maintenant rigoureusement à l'obscurité le récipient contenant les spores et le milieu nutritif.

3. Si l'on tient compte du fait que les phénomènes vitaux descendent jusqu'au niveau microscopique, la description d'un *système constitué par un ou plusieurs êtres vivants avec le milieu qui les entoure peut être en première approximation traité comme un système bien défini permettant le calcul de prévisions.*

4. Si l'on fait intervenir des considérations de microphysique en biologie, des raisonnements dus à Niels Bohr ([3]) et à Mme Destouches-Février ([1]) montrent que l'on doit faire jouer un rôle essentiel à la complémentarité biologique de Bohr. Le formalisme de la théorie générale des prévisions ([4]) ne peut par suite être réduit et tous les raisonnements doivent être faits au moyen des éléments de prévisions X. Ce formalisme est tout à fait analogue à celui des théories quantiques (théories subjectivistes).

Sur un tel système biologique où l'on ne peut pas connaître à chaque instant le métabolisme ni mesurer expérimentalement les échanges d'énergie, la mécanique ondulatoire et la théorie biologique quantique vont permettre d'établir des prévisions.

Considérons une grandeur A telle que si l'on désigne par E l'énergie du système, la grandeur composée E et A soit complète. Étant donnée une décomposition $\mathcal{D}$ du spectre $\mathcal{A}_A$ de A, un élément de prévision X peut être décomposé suivant un système de base d'éléments propres de l'opérateur A associé à la grandeur A; on a la relation d'équivalence :

$$X \equiv \Sigma c_i X_i \qquad \text{mod}\, A,\ \mathcal{D}.$$

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 466.
([2]) *Nature*, 3 août 1946, p. 153-154.
([3]) *La théorie atomique et la description des phénomènes*, Paris, 1932.
([4]) J. L. Destouches, *Principes fondamentaux de physique théorique*, 1942.

La décomposition $\mathcal{D}$ détermine un ensemble fini de familles ω_i deux à deux disjointes dont la réunion forme le spectre de A

$$\mathcal{D}\mathcal{A}_A \equiv \Sigma_i \omega_i; \qquad \omega_i \cap \omega_j = 0 \qquad (i \neq j).$$

Par suite, de petites perturbations forfuites se produisant au hasard, qui se traduiront par l'introduction, dans l'hamiltonien du système, d'un terme $\Sigma \mathcal{V}_{ij}$, les coefficients c_i sont des fonctions $c_i(t)$ que l'on détermine par une méthode de variations des constantes ([5]). Pour une famille donnée ω_i on aura ainsi un ensemble d'éléments X_i qui variera sous l'action de ces perturbations. (Ces perturbations fortuites jouent un rôle analogue à celui des chocs entre molécules en théorie cinétique des gaz.)

On peut alors définir les complexions, c'est-à-dire le nombre des états stationnaires distincts donnant le même état macroscopique, les probabilités de ces états étant proportionnelles au nombre de complexions correspondant. L'état le plus probable est alors celui pour lequel le nombre des complexions est maximum.

Dans l'état le plus probable on aura donc

$$\delta P = 0 \qquad \text{ou encore} \qquad \delta \operatorname{Log} P = 0.$$

Par un raisonnement analogue à celui fait par Pauli, on établit le théorème suivant :

Théorème. — *Tant que l'état le plus probable d'un système biologique n'est pas atteint, les perturbations fortuites font constamment croître le nombre des complexions correspondant à l'état macroscopique du système.*

En définissant l'entropie du système à la manière habituelle par

$$S = k \operatorname{Log} P,$$

on voit immédiatement que le théorème précédent équivaut à un théorème de non-décroissance de l'entropie du système total constitué par des êtres vivants et leur milieu environnant; ceci revient à dire qu'un tel système obéit au second principe de la thermodynamique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Lois de la répartition de la chaleur dans les tissus organiques, après irradiation par un champ de micro-ondes.* Note (*) de M. **Luc de Séguin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On peut ainsi résumer ces lois :

A. Un tissu mort. — 1° L'augmentation de la température est une fonction

---

([5]) L. de Broglie, *La mécanique ondulatoire des systèmes de corpuscules*. Paris.

(*) Séance du 8 décembre 1948.

exponentielle de l'épaisseur de tissus traversée, comptée selon une direction de propagation du champ électromagnétique, *si l'on fait abstraction des échanges thermiques*.

2° Ces échanges thermiques se font principalement :

a. au niveau de la face par laquelle pénètre le champ, face qui se refroidit dans le milieu ambiant ;

b. à l'intérieur du tissu où la chaleur se propage par conduction des couches plus chaudes aux couches plus froides (*voir* figure).

3° Pour $\lambda = 21^{cm}$, l'épaisseur de tissu qui absorbe 50 % de l'énergie électromagnétique y pénétrant est de l'ordre de $1^{cm},2$ à $1^{cm},7$ selon les tissus (¹). Le tissu adipeux est environ cinq fois plus transparent. Cette épaisseur diminue avec la longueur d'onde. Elle est de l'ordre de $0^{cm},6$ pour $\lambda = 3^{cm}$.

B. Tissus vivants. — Les lois précédentes s'appliquent, modifiées par trois facteurs :

1° L'existence de plusieurs tissus. Le tissu adipeux a seul une absorption nettement différente de celle des autres tissus. En pratique, pour prévoir les élévations de température, il faut tenir compte de l'importance de la couche graisseuse sous-cutanée.

2° La circulation sanguine intervient pour brasser le flux énergétique et égaliser les températures. L'importance de ce facteur dépend de la vascularisation des régions irradiées et de la puissance du champ.

3° Il y a une différence physiologique de température entre la peau et les plans profonds, différence qui est en sens inverse de celle produite par les irradiations. C'est un facteur très important dans la pratique. Divers moyens, comme l'application de glace sur les régions voisines ou un courant d'air froid, permettent d'agir sur ce facteur en l'exagérant.

C. *Classification des irradiations*. — Ceci amène à considérer pour les irradiations trois degrés différents d'intensité.

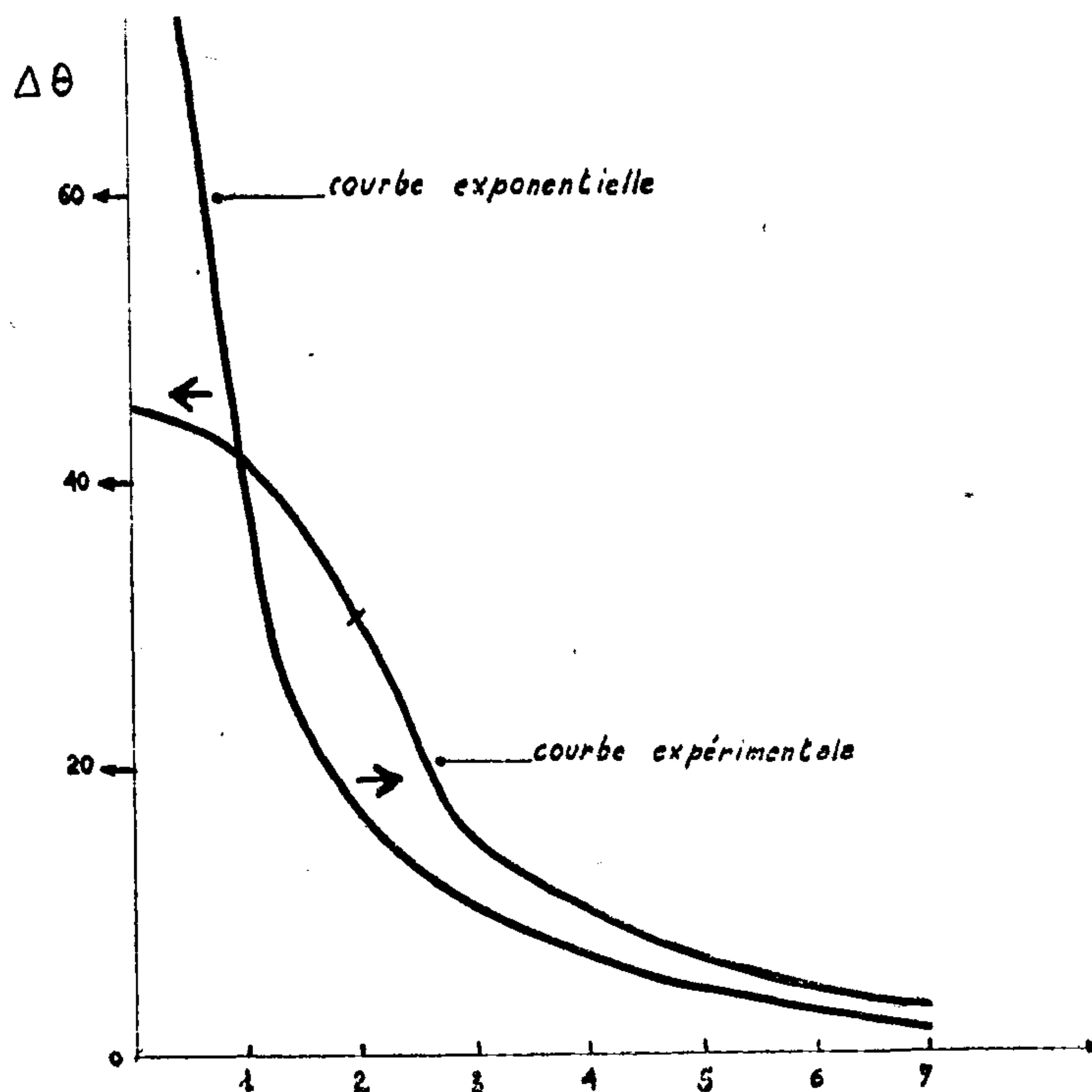
Premier cas : Faibles irradiations, n'amenant pas une élévation de la température superficielle supérieure à 3°, ces irradiations portent les températures des couches superficielles à une valeur voisine de celle des couches profondes.

Deuxième cas : Irradiations d'intensité moyenne. — Elles portent la température de toutes les couches, jusqu'à 5^{cm} de profondeur environ, à une valeur supérieure de 1° à 6° à celle de la température initiale profonde. Il y a un maximum de température situé entre 1 et 2^{cm} de profondeur, et d'autant plus près de la surface que le champ est plus intense.

Troisième cas : Irradiations fortes et très fortes. — Plus l'irradiation est forte, plus la différence normale entre les températures cutanées et profondes est

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1048-1050.

comblée rapidement et plus la courbe de répartition des températures tend à se rapprocher à nouveau de la courbe du tissu mort. Les très fortes irradiations provoquent des brûlures, d'un type spécial, plus profondes que celles provoquées par les agents habituels de chauffage.



Graphique résumant la répartition de la chaleur dans un tissu mort.

En abscisses : distance à la surface irradiée. *En ordonnées :* augmentations de température. Le graphique représente une courbe exponentielle théorique et une courbe expérimentale. Des flèches marquent les déformations de l'exponentielle dues, l'une à l'échange de chaleur avec le milieu ambiant, l'autre à la conduction à l'intérieur des tissus.

Conclusion. — Toute question de propriétés spécifiques écartée, les irradiations par les micro-ondes, outre la facilité d'étroites localisations, constituent un moyen de chauffage biologique de précision parce qu'elles donnent la possibilité de prévoir les températures atteintes par les différents points d'une région exposée. Le thérapeute a le moyen, sans grande difficulté, de bien savoir ce qu'il fait, ce qui n'est le cas pour aucun des moyens de chauffage thérapeutique actuellement employés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la méthode employée pour le dosage des constituants des membranes du blé sur l'évaluation de leur taux de dégradation intestinale.* Note de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une Note précédente, nous avons montré que divers procédés courants de dosage des constituants des membranes donnent des résultats très différents ([1]).

Nous avons recherché dans quelle mesure l'évaluation du taux de dégradation intestinale de ces constituants varie selon les méthodes employées pour leur dosage. Ces méthodes sont : la méthode de Weende qui fournit la *cellulose brute*; la méthode de Williams et Olmsted dosant la cellulose, les hémicelluloses et la lignine; la méthode de Guillemet et Jacquot ou détermination de l'indice formique dont le résultat indiquerait l'indigestible glucidique de la substance examinée. L'exposé et la critique de ces méthodes ont fait l'objet d'une Note particulière ([2]).

Les ingesta et les excreta relatifs à trois expériences sont analysés par ces méthodes. Les taux de dégradation intestinale sont calculés, pour chaque élément, d'après la formule

$$\frac{\text{élément ingéré} - \text{élément rejeté}}{\text{élément ingéré}} \, 100.$$

Ce sont ces taux de dégradation qui figurent dans le tableau.

Première expérience. — Deux rats blancs adultes (I) et (II) reçoivent chaque jour, pendant 12 jours, 15^g d'un régime dont la composition centésimale est la suivante : son de blé 90, caséine 8, lactate de calcium 1, chlorure de sodium 1. Les détails concernant les quantités de *substances cellulosiques* ingérées et rejetées au cours des trois expériences, sont exposés dans un autre travail ([3]).

Deuxième expérience. — Elle diffère de la précédente par la composition du régime où le son est remplacé par une même proportion de blé grossièrement moulu. La durée de l'expérience est de 18 jours pendant lesquels les rats reçoivent chaque jour 20^g de régime.

Troisième expérience. — Dans la ration de deux hommes adultes, les membranes sont apportées par du pain de farine de blé entier. Les chiffres du tableau sont les moyennes quotidiennes des résultats obtenus, pour chaque sujet, pendant 8 jours d'expérience.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 910.

([2]) *Bull. Soc. sc. Hyg. alim.*, 36, 1948, p. 122.

([3]) *Thèse de Doctorat ès sciences Nat.*, Paris, 1948 (sous presse).

Taux de dégradation intestinale.

	Expériences. 1. Rat I.	1. Rat II.	2. Rat I.	2. Rat II.	3. Sujet I.	3. Sujet II.
Cellulose brute	13	19	12,5	15,5	11,6	12,8
Indice formique	21	26	17	21	–	–
Williams — Cellulose	44	47	55	58	28	39,7
Williams — Hémicelluloses	43	52	48	52	53	48,7
Williams — Lignine	— 1,5	7	9	12	2	0,5
Williams — Tòtal	41,5	45	45	48	38,5	39

Les résultats de ces expériences se prêtent aux mêmes constatations générales :

1° Il existe des différences considérables dans l'évaluation du taux de dégradation intestinale des constituants des membranes, selon la méthode employée pour leur dosage.

2° Nous n'avons pas retrouvé, dans ces expériences, l'identité signalée par Guillemet et Jacquot entre l'indice formique des aliments et celui des fèces correspondantes, identité qui permettait à ces auteurs d'affirmer que l'indice formique de l'aliment représente l'indigestible glucidique ([4]).

3° Des variations d'un sujet d'expérience à un autre peuvent être constatées dans les taux de dégradation. Ces variations individuelles sont très inférieures aux différences introduites dans l'évaluation des taux de dégradation par un changement de méthode de dosage des constituants des membranes.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le mécanisme des lésions lymphocytaires provoquées par l'adrénaline et l'endotoxine typhique.* Note (*) de M. **Albert Delaunay**, Mmes **Marcelle Delaunay** et **Jacqueline Lebrun**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une communication précédente ([1]), nous avons montré comment on peut déterminer dans le tissu lymphoïde, soit avec l'adrénaline, soit avec l'endotoxine typhique, des lésions cellulaires et des réactions conjonctives importantes. Il y aura lieu, plus tard, de rechercher la cause de ces réactions, de préciser la nature des éléments chimiques qui les déterminent. Aujourd'hui, nous voudrions étudier plus particulièrement le mode de production des nécroses cellulaires.

A priori, deux grands mécanismes méritent d'être envisagés. On peut penser

---

([4]) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 508.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 695.

en premier lieu à une action toxique directe, l'adrénaline et l'endotoxine se comportant comme de véritables poisons (poison cytoplasmique ou poison nucléaire) pour les lymphocytes. Cependant, toutes les expériences que nous avons faites jusqu'à présent, pour mettre en évidence une toxicité de cet ordre, ont échoué : ainsi, des lymphocytes isolés survivent pendant plusieurs heures, *in vitro*, lorsqu'ils sont conservés dans du sérum frais de cobaye, même lorsque celui-ci renferme de fortes quantités d'adrénaline ou d'endotoxine.

Pour ces expériences, nous avons habituellement mis en œuvre la technique suivante. Les ganglions cervicaux sont prélevés, chez des cobayes à jeun depuis 24 heures, et hachés dans de l'eau physiologique. Après l'avoir filtrée sur gaze, on ajoute à cette suspension cellulaire une trace de rouge neutre puis une quantité égale de sérum frais de cobaye renfermant ou non soit de l'adrénaline soit de l'endotoxine typhique (1 à 4^{mg} par centimètre cube). Une goutte de ces diverses préparations est enfin déposée entre lame et lamelle et observée pendant 8 heures à 37°. Les nombreux examens que nous avons faits ont tous montré que, dans ces conditions, les cellules restent en grande majorité intactes, quelle que soit la composition du milieu qui les baigne. Notamment, elles continuent de présenter, même en présence d'adrénaline ou d'endotoxine, ces belles granulations au rouge neutre que l'on considère habituellement comme un signe de vitalité. Sans doute, une telle méthode d'examen n'est pas extrêmement précise. Par exemple, elle n'indique pas les modifications éventuelles qui ont pu survenir dans le métabolisme cellulaire. Nous pensons cependant que, si celles-ci ont eu lieu, elles sont restées bien légères puisqu'elles n'ont pas entraîné la mort rapide des lymphocytes.

Pour cette raison, nous ne croyons pas que l'adrénaline ou l'endotoxine puissent être considérées comme de véritables poisons lymphocytaires et nous estimons qu'il est nécessaire de faire intervenir un autre mécanisme pour expliquer les lésions si intenses que déterminent ces substances introduites dans l'organisme.

A plusieurs reprises [1], nous avons déjà eu l'occasion d'indiquer la nature du mécanisme qu'il conviendrait, selon nous, de mettre en cause. Il s'agirait de perturbations vasculaires de natures diverses mais qui auraient toutes pour résultat de troubler le métabolisme des cellules; pareil phénomène serait particulièrement grave dans le cas des lymphocytes qui sont, comme les cellules cancéreuses, des éléments très fragiles. En faveur de notre hypothèse, nous voudrions rapporter ici le résultat d'expériences qui nous paraissent assez démonstratives.

Coupons finement dans du sérum homologue des ganglions cervicaux prélevés chez un cobaye, filtrons cette préparation pour obtenir une suspension cellulaire homogène, injectons-la, sous le volume de $0^{cm^3},5$, dans la peau de cobayes neufs, puis au bout d'intervalles de temps variables (allant de dix minutes à 24 heures) pratiquons une biopsie du tissu injecté. L'examen des coupes permet de faire les observations suivantes. Tout d'abord, on ne trouve dans le tissu conjonctif sous-épidermique que les lymphocytes qui ont été introduits expérimentalement à cet endroit. Un peu plus tard (une heure après l'injection) survient une diapédèse de polynucléaires dont l'importance augmente progressivement pour devenir considérable au bout de 24 heures. Les *lymphocytes* disparaissent peu à peu

au milieu des cellules venues du sang mais aussi longtemps qu'on peut les retrouver (une quinzaine d'heures) on remarque qu'*ils conservent leur structure normale.* Injectons à présent sous la peau de nouveaux cobayes des suspensions lymphocytaires préparées comme les précédentes, mais en mélange avec une dose d'adrénaline suffisante (c'est-à-dire $50^{\mu g}$) pour perturber nettement la circulation locale ([2]). Dans ces conditions, comme le montrent les coupes histologiques, la diapédèse des polynucléaires fait défaut (ce qui, d'ailleurs, facilite beaucoup l'examen) mais les lymphocytes ne demeurent pas longtemps intacts. Au bout de quelques heures, ils montrent des *signes évidents de dégénérescence,* leur noyau se fragmente en boules de chromatine irrégulières (pycnose) etc. Finalement, et c'est là le fait qui nous paraît capital, on observe sur les coupes des lésions lymphocytaires *absolument comparables* à celles que l'on voit dans le thymus ou la rate d'animaux qui ont reçu par voie intrapéritonéale une injection d'adrénaline ou d'endotoxine.

La dégénérescence rapide des cellules observée dans ce cas ne peut résulter que de pertubations vasculaires puisque l'adrénaline se montre incapable de tuer directement les lymphocytes. Quelle se manifeste, histologiquement, par des lésions identiques à celles qu'on trouve dans les organes lymphoïdes d'animaux traités par la même hormone ou par l'endotoxine constitue, à nos yeux, une preuve quasi décisive en faveur de l'origine vasculaire de celles-ci.

MICROBIOLOGIE. — *Effets de la streptomycine sur le B. C. G. chez la souris.* Note (*) de MM. **Constantin Levaditi**, **Aron Vaisman** et **Pierre Lévy**, présentée par M. Gaston Ramon.

Étant donné les effets préventifs et curatifs de la streptomycine dans la tuberculose expérimentale provoquée chez la souris par inoculation intraveineuse de *Mycobacterium tuberculosis* (souche humaine virulente H 512) [Youmans et M. Carter ([1]); C. Levaditi et A. Vaisman ([2])], il nous a semblé intéressant d'étudier les mêmes effets antibacillaires à l'égard de la souche de bacilles B. C. G., réputée apathogène.

Dans des essais antérieurs, concernant la genèse et la signification des éléments lipophores (*cellules granulo-adipeuse*) constatés dans les poumons de souris ayant reçu du B. C. G. par voie intravasculaire, nous avons observé non seulement la présence et la multiplication de ces bacilles dans le poumon, la rate et le foie, mais encore leur persistance pendant au moins 114 jours ([3]).

Technique. — Des souris blanches sont inoculées dans la veine caudale avec $0^{cm^3},5$ de vaccin B. C. G., dilué à 20 % ([4]). Un lot sert de témoin (non traité), un autre lot est traité

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 314.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Amer. Rev. Tuberc.*, 52, 1945, p. 432.

([2]) *Bull. Acad. Méd.*, 131, 1947, p. 175 et 457.

([3]) C. Levaditi et A. Vaisman, *Rev. Tuberc.*, 1948 (sous presse).

([4]) Nous remercions M. Van Deinse d'avoir bien voulu mettre ce vaccin à notre disposition.

quotidiennement avec 4000 U de streptomycine pendant quatre semaines (au total 96000 U). Aucune mortalité ne s'étant déclarée, les animaux ont été sacrifiés le 29e jour. L'intensité des lésions (dont nous donnons ci-après les détails) a été notée de o à ++++ (en passant par +——, +—, +, ++ et +++), la teneur en bacilles acido-résistants de o à ++++ (en passant par les mêmes nuances intermédiaires).

Caractères des lésions. — *Poumons :* follicules microscopiques, à disposition fréquemment péri-vasculaire, ou parenchymateuse. Aucune confluence et pas de dégénérescence caséeuse.

Rate : follicules giganto-cellulaires ou à cellules épithélioïdes.

Foie : follicules nettement délimités, pigmentophores, formés par des cellules épithélioïdes et, plus rarement, géantes, non nécrotiques, ni confluents.

Les B. C. G. — Ceux-ci sont présents soit dans les follicules décrits ci-dessus, soit disséminés çà et là dans les parenchymes pulmonaire et splénique. Ils offrent un aspect évolutif normal, conservent leur acido-résistance et sont inclus dans des macrophages, lesquels peuvent en contenir un nombre considérable, ce qui leur confère l'aspect de *globi* lépreux. Parfois ils présentent des signes de dégénérescence (fragmentation, aspect granulaire, colorabilité déficiente) (5).

Résultats. — Afin de préciser les effets préventifs et curatifs de la streptomycine, il y a lieu de considérer séparément : *l'activité antilésionnelle* et *l'activité antibacillaire*. L'utilisation de la streptomycine permet de dissocier ces deux ordres d'effets. L'ensemble de nos constatations est condensé dans le tableau ci-joint.

	Effet antilésionnel (%).				Effet sur le B. C. G. (%).			
Souris.	Poumon.		Rate.	Foie.	Poumon.		Rate.	Foie.
Intensité.....	o	++++	+ à ++	+++ à ++++	+ à +++	o	o à +——	+— à +
Témoins....	o	80	32	68	84	32	100	84
Intensité.....	o	o à +—	+—+ à ++++	+—+ à ++++	+ à ++++	o	o à +—	+— à +
Traitées.....	35	90	25	70	70	5	100	75

Ce tableau montre ce qui suit :

Lésions : sous l'influence de la streptomycine, l'intensité des altérations pulmonaires diminue notablement. Ainsi, l'absence de toute trace de lésions saisissables au microscope (phénomène inexistant chez les témoins), atteints 35 % chez les souris traitées; au surplus, les altérations, intenses chez les témoins (++++ ; 80 %), tombent à zéro et +— dans 90 % des cas chez les animaux streptomycinés (6). Toutefois, aucune différence appréciable n'a été relevée quant à l'intensité des modifications histologiques.

B. C. G : contrairement aux modifications histologiques pulmonaires, la teneur en B. C. G. du poumon, de la rate et du foie n'a pas semblé être influencée par le traitement streptomycinique. En dépit de ce traitement, des

(5) Selon des essais actuellement en cours, le B. C. G. est cultivable sur Löwenstein lorsque l'ensemencement est effectué avec des poumons de souris sacrifiées jusqu'à 142 jours après l'inoculation.

(6) La surface pulmonaire ayant conservé son aspect normal a oscillé entre 30 et 100 %.

bacilles ont été décelés en assez grand nombre dans le parenchyme pulmonaire, et en quantité plus réduite dans la rate et le foie. Des *globi* farcis d'éléments acido-résistants ont été signalés dans 70 % des cas.

Conclusions. — Toute surprenante qu'elle puisse paraître, l'activité de la streptomycine sur le B. C. G. est loin d'égaler celle du même médicament sur les souches de bacilles de Koch hautement virulentes. Dans les conditions où les essais sus-décrits ont été effectués, les effets de l'antibiotique auraient certainement eu une influence autrement plus marquée sur les souches pathogènes, sur les lésions qu'elles engendrent, ou, plutôt, sur le conflit entre ces deux facteurs (7). L'influence salutaire paraît donc s'exercer avec plus d'intensité sur les altérations pulmonaires que sur le taux des B. C. G. que ces altérations renferment. Les germes doués d'un pouvoir tuberculogène élevé seraient-ils plus sensibles *in vivo* à la streptomycine que les microbes acido-résistants apparemment dépourvus d'un tel pouvoir? C'est ce qui paraît vraisemblable, sinon certain.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1948.

Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs, par Louis de Broglie. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 25cm.

Résultats des Campagnes scientifiques accomplies sur son Yacht par Albert Ier Prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule CVIII. *Stations hydrologiques des Campagnes scientifiques du Prince Albert Ier* par Jules Rouch. Imprimerie nationale de Monaco, 1948; 1 vol. 36cm.

Académie polonaise des sciences et des lettres. Centre polonais de recherches scientifiques de Paris. N° 1. *Bulletin.* Paris, Imprimerie Béresniak, 1948; 1 fasc. 24cm,5.

Encyclopédie biologique. XXX. *L'art de la taxidermie au XXe siècle*, par R. Didier et A. Boudarel. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25cm.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. Faune de France. 49. *Lépidoptère homoneures*, par Pierre Viette. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25cm.

---

(7) *Voir* C. Levaditi et A. Vaisman, *loc. cit.*

Flore des environs immédiats de Montpellier. Tome I. La prospection phytopathologique, par G. KUHNHOLTZ-LORDAT. Tome II. *Les végétaux vasculaires et leurs parasites cryptogames*, par G. KUHNHOLTZ-LORDAT et G. BLANCHET. Paris, Paul Lechevalier, 1947 et 1948; 2 vol. 22^{cm} (présentés par M. R. Heim).

Monographies des probabilités. Fasicule VI. *Processus stochastiques et mouvement brownien*, par PAUL LÉVY, suivi d'une note de M. LOÈVE. Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 vol. 25^{cm}.

France. Carte au 200000e. *Type* 1912 *et type* 1912-1942; *France. Carte* au 50000e, *en couleurs; Carte* au 80000e. *Situation des révisions; Algérie-Tunisie. Carte* au 50000e; *Carte* au 500000e. *Afrique du Nord et régions sahariennes; Maroc. Carte* au 50000e. *Type* 1922; *Maroc. Carte* au 100000e *Type* 22; *Carte de l'Europe* au 1000000e. *Type normal; Croquis de l'Afrique française* au 1000000e; *Afrique. Carte* au 2000000e; *A. O. F. Carte au* 200000e. *Sénégal, Soudan français, Guinée française, Côte d'Ivoire, Haute Volta et Dahomey, Guyane. Carte* au 50000e; *Carte générale du Monde. Régions arctiques.* Paris. Ministère des Travaux publics et des Transports, 1948; 13 planches 59^{cm},5 × 44^{cm},5.

Que sais-je? — Le riz, par AUGUSTE CHEVALIER et ANDRÉ ANGLADETTE. Paris. Presses universitaires de France, 1948; 1 vol. 17^{cm},5.

Bibliothèque de philosophie contemporaine. *L'autonomie de l'être vivant. Essai sur les formes organiques et psychologiques de l'activité vitale*, par LOUIS BOUNOURE. Paris. Presses universitaires de France, 1949; 1 vol. 23^{cm}.

Nouvelle encyclopédie agricole. *Recherche et expérimentation en agriculture*, par FÉLICIEN BOEUF, et A. VESSEREAU. Tome I. *Objectifs de la recherche agronomique. Méthodes d'expérimentation*, par FÉLICIEN BOEUF. Paris, J.-B. Baillère et Fils, 1948; 1 vol. 24^{cm},5 (présenté par M. R. Combes).

Bibliothèque de philosophie scientifique. *Hérédité et physiologie du sexe. — Reproduction sexuelle et histoire naturelle du sexe*, par LOUIS BOUNOURE. Paris, Flammarion, 1947; 2 vol. 19^{cm}.

Introduction mathématique aux théoriques physiques modernes. Première partie. *Nombres complexes, nombres hypercomplexes, matrices, opérateurs, applications élémentaires*, par MAX MORAND. Paris, Librairie Vuibert, 1948; 1 vol. 21^{cm},5.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Exploration du Parc national Albert, Mission H. Damas* (1935-1936). Fascicule 16. *Dytéscidæ et Gyrinidæ*, par F. Guignot. Bruxelles, 1948; 1 vol. 28^{cm}.

Id. — *Missions J. Verhoogen* (1938-1940). Fascicule I. *Les éruptions* 1938-1940 *du volcan Nyamuragira*, par J. VERHOOGEN. Bruxelles. 1948; 1 vol. 28^{cm}.

Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettre. Estratto dai *Rendi conti* Science. Vol. LXXIII. 1939-1940. Anno XVIII. *Sugli enzimi microbici abituali* Vol. LXXVII. — Fasc. I. 1933-1944. *Sulla genotipicita degli enzimi microbici.* Vol. LXXVIII Fasc. I. 1944-1945. *Raggruppamento enzymatico dei batteri*, par E. COSTANTINO GORINI. Milano, Ulrico Hœpli, 3 fasc. 24^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JANVIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Laurent Chisholm Young**, Professeur à l'Université du Wisconsin, qui assiste à la séance.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La diversité des durées de germination des grains d'un même épi de Blé.* Note (*) de M. **Henri Devaux**.

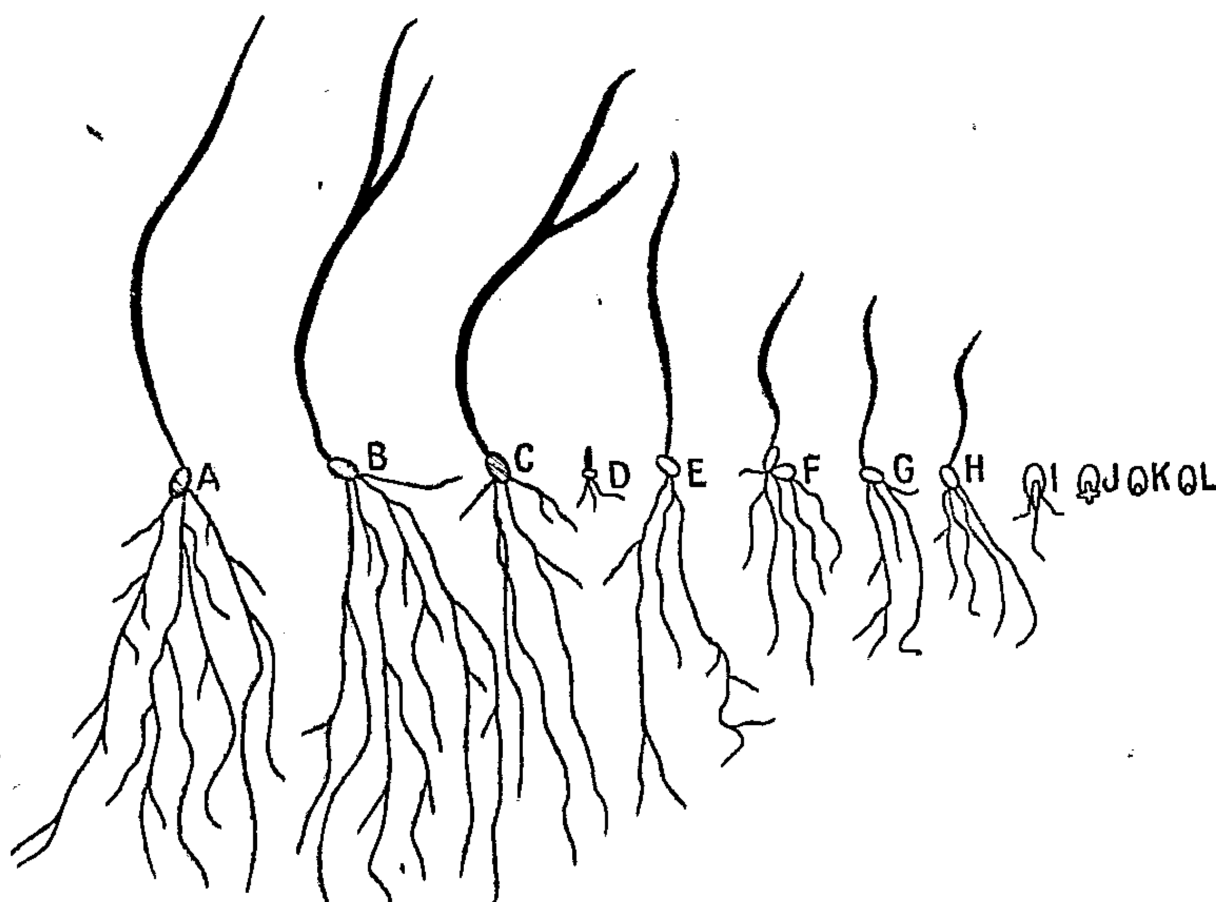
On sait que beaucoup de semences tardent à germer après leur mise en terre, même si elles semblaient parfaitement mûres dès le début. Les causes de cette latence sont variées et sont souvent attribuées à un obstacle extérieur résidant dans les téguments, durs ou bien imperméables à l'eau ou à l'air. Mais on doit admettre aussi la possibilité de causes internes par lesquelles la maturité germinative ne coïnciderait pas avec la maturité apparente, et une constatation inattendue, faite au cours d'un voyage en Suisse, en 1926, m'en a donné une preuve remarquable. Je rapporte ici cette observation ancienne, car elle est d'une netteté saisissante.

J'étais aux environs de Lausanne, au mois d'août, et j'avais sous les yeux un beau champ de Blé Standard que l'on était en train de moissonner. J'avais une conférence à faire sur le Blé et j'eus l'idée d'effectuer un essai de germination des grains d'un même épi. Ces épis étaient très beaux, contenant jusqu'à 50 grains, avec beaucoup d'épillets à 3 grains. Sur un épi jaune brun, d'apparence bien mûre, je prélevai une vingtaine de grains qui furent mis à gonfler dans de l'eau pendant 24 heures, puis placés entre des feuilles de papier mouillé, sous une éponge humide.

Au bout de 3 jours environ, 3 étaient germés et un quatrième se préparait, mais tous les autres restaient inertes quoique bien gonflés. Surpris de cette torpeur inattendue, je résolus de chercher combien de jours elle persisterait.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

L'ensemble du lot, grains germés et non germés, fut dès lors transporté en voyage sous l'éponge humide, de Suisse en Béarn avec des arrêts divers qui prolongèrent le voyage jusqu'au 15 septembre. Quelques grains se perdirent, mais il en restait 12 parmi lesquels quelques germinations nouvelles se produisirent. Cependant au 15 septembre, après 26 jours à l'état gonflé, il restait encore trois grains non germés. Ils étaient bien vivants, l'un d'eux partit à son tour, puis le onzième quelques jours après, mais le douzième ne se mit à entrer en végétation qu'à la date du 29 septembre, après 40 jours d'une torpeur d'autant plus surprenante qu'il était aussi gonflé que ses compagnons et, comme eux, en excellent état.



Aspect général des 12 grains de Blé Standard, mis à germer le 20 août 1926 et dessinés le 15 septembre, soit après 26 jours de germination (Réd. de 2/3). L'échantillon D avait subi un essai de décortication qui a fini par le tuer, tandis que l'échantillon F, également décortiqué, s'est bien développé.

Sur les 12 grains du même épi, la durée des germinations s'était donc étagée de 3 à 40 jours, quoique les conditions extérieures fussent les mêmes et très favorables. Il devait donc exister une cause interne à ces différences et je découvris cette cause en examinant ce qui restait de chaque grain après les 40 jours d'expérience.

Pour les premières plantules, la digestion de l'albumen avait été totale, car le tégument du grain était réduit à un sac à parois minces et translucides, ayant pris une teinte noirâtre et ne contenant que de l'eau claire. Pour les dernières, au contraire, et spécialement les 4 ayant boudé de 25 à 40 jours, ce sac tégumentaire avait un contenu épais et résistant, à consistance de cuir, élastique et de teinte ambrée. Ce reste ne pouvait être que de l'albumen non digéré.

Dès lors, la hâte de la germination des premiers grains coïncidait avec la hâte

de la destruction de l'albumen, tandis que le retard pour les derniers grains coïncidait avec la persistance prolongée de l'albumen; il y avait donc certainement des différences de résistance de l'albumen des divers grains quoiqu'ils fussent pris sur le même épi. On sait que, dans le blé, la couche la plus externe de l'albumen, riche en gluten et en matières grasses, mais dépourvue d'amidon, persiste plus que les couches internes qui sont surtout amylacées, quoique finalement tout l'albumen soit détruit.

La différence observée ici, entre grains à germination hâtive et grains à germination tardive, semblerait donc résider dans l'existence, chez ces derniers, d'une couche à gluten plus résistante fournissant peu de produits de digestion et seulement à la longue. Mais en quoi consiste cette résistance? C'est ce que l'on doit se demander en songeant que l'albumen est un embryon vivant qui doit avoir sa résistance propre à la mort et par là empêcher son frère de se développer, de sorte que l'observation fortuite, signalée ici, nous mettrait en présence d'une lutte pour la vie entre les deux jumeaux ?

En réalité, le petit embryon n'y prend aucune part, il ne fait qu'attendre ce qui se passe dans le grand embryon. C'est en ce dernier seul qu'il y a résistance et c'est la raison de cette lutte intérieure qui constitue l'énigme actuelle.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau l'*Annuaire pour l'an* 1949 et la *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1949 publiés par le Bureau des Longitudes.

M. **Gustave Ribaud** fait hommage d'un Mémoire, écrit par lui en collaboration avec M. Edmond Brun intitulé *La convection de la chaleur aux grandes vitesses*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **André Donatien** est élu Correspondant pour la Section d'économie rurale, en remplacement de M. *Dimitri Prianichnikov*, décédé.

PRÉSENTATIONS.

Pour la présentation d'un candidat au poste de Directeur de l'Institut Océanographique de Nhatrang, M. *Pierre Drach* obtient 36 suffrages. Il y a un bulletin blanc et un bulletin nul.

En conséquence, M. **Pierre Drach** sera présenté à M. le Ministre de la France d'Outre-mer.

CORRESPONDANCE.

M. **Pierre Auger** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Physique générale, par le décès de M. *Marcel Brillouin.*

M. **Jean Fieux** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Louis Lumière.*

M. **Pierre Molard** adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Office de la Recherche Scientifique Coloniale. *Rapport d'activité pour les années* 1946-1947.

2° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Flore des Spermatophytes du Parc National Albert.* I. *Gymnospermes et Choripétales,* par Walter Robyns (présenté par M. Roger Heim).

3° The Royal Canadian Institute. *Centennial Volume* 1849-1949.

4° *Union Internationale pour la protection de la Nature crée à Fontainebleau le* 5 *octobre* 1948.

5° Geološko-rudarski Institut (Zagreb). *Geološki vjesnik.* Svezak I.

6° Istituto veneto di scienze, lettere ed arti. *Diarii veneziani del secolo decimosesto.* Volume I, fascicule I.

7° Matematischen Forschungsinstitut. *Archiv der Mathematik.* Band I. 1948, Heft I.

ALGÈBRE. — *Théorie de Galois des extensions radicielles d'exposant quelconque.* Note (*) de M. **Jean Dieudonné**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Je conserve les notations de ma Note précédente [1]. Soient Δ et Σ deux parties de $\mathcal{E}(K)$ ayant les propriétés suivantes :

1° Δ est formée de semi-dérivations de K, de hauteur r;

2° Δ est un anneau de Lie pour l'addition et la loi $[D_1, D_2]$; en outre, pour tout $D \in \Delta$, D^p appartient à Δ;

3° Σ est l'ensemble des semi-dérivations spéciales appartenant à Δ, et est un

(*) Séance du 3 janvier 1949.

[1] *Comptes rendus,* 224, 1947, p. 858.

idéal dans l'anneau de Lie Δ, un sous-anneau associatif de $\mathcal{E}(K)$ et un espace vectoriel sur K de dimension finie;

4° Si M est l'intersection des corps N_D lorsque D parcourt Σ, Δ est un espace vectoriel de dimension finie sur M.

Nous supposons en outre que $\Sigma \neq \Delta$. Soit alors L l'intersection des corps N_D lorsque D parcourt Δ; nous allons montrer que K *est une extension radicielle de degré fini et d'exposant* $r+1$ *de* L *et qu'on a* $\Delta = \Delta(L, M)$ *et* $\Sigma = \Sigma(L, M)$.

2. En premier lieu montrons que pour $x \in K^{p^r}$ et $D \in \Delta$, on a $Dx \in M$. Pour tout $E \in \Sigma$, on a $[D, E] \in \Sigma$; donc, pour tout $y \in K$,

$$D(xEy) - E[D(xy)] = xD(Ey) - xE(Dy) = xD(Ey) - E(xDy);$$

tenant compte de l'hypothèse sur x, il vient, après réductions,

$$E[(Dx)y] = (Dx)(Ey),$$

ce qui prouve que $Dx \in N_E$. Montrons ensuite que $M \subset S_D$ pour tout $D \in \Delta$. Comme $\Delta \neq \Sigma$, il existe au moins une semi-dérivation non spéciale D_1 dans Δ; donc il existe $a \in K^{p^r}$ tel que $D_1 a \neq 0$; comme $D_1 a \in M$, en multipliant D_1 par un élément $\neq 0$ de M, on peut supposer que $D_1 a \in K^{p^r}$. Cela étant, pour $D \in \Delta$ et $z \in M$ quelconques, $D_2 = [D, zD_1] - z[D, D_1] = D(zD_1) - zDD_1$ appartient à Δ; pour tout $y \in K$, on a donc $D_2(ay) = aD_2y + yD_2a$, ce qui, en vertu des hypothèses faites sur a et $D_1 a$, s'écrit, après réductions, $D[(zD_1 a)y] = (zD_1 a)Dy + yD(zD_1 a)$; comme pour tout $x \in M$, on peut prendre $z \in M$ tel que $zD_1 a = x$, notre assertion est démontrée. Enfin, le raisonnement du début de ce numéro peut s'appliquer, en vertu de ce qui précède, non seulement pour $x \in K^{p^r}$, mais pour tout $x \in M$, et montre donc que $D(M) \subset M$ pour tout $D \in \Delta$.

3. Dans $\mathcal{E}(K)$, la somme (directe) de K et de Σ est un sous-anneau (associatif) qui est en même temps un espace vectoriel de dimension finie sur K; en vertu du théorème de Jacobson-Bourbaki ([2]), M est un sous-corps de K, tel que le degré $[K : M]$ soit fini et égal au rang de $K + \Sigma$ sur K, et que $K + \Sigma$ soit identique à l'anneau d'endomorphismes $\mathcal{L}(K_M)$; en vertu de la définition, $K^{p^r} \subset M$, autrement dit, K est une extension radicielle de M d'exposant $\leq r$, et Σ est l'ensemble de toutes les semi-dérivations spéciales de hauteur r telles que $M \subset N_D$.

Considérons maintenant l'ensemble des restrictions à M des semi-dérivations D de Δ : c'est un p-anneau de Lie Δ' isomorphe à Δ/Σ, formé de dérivations de M, et qui est un espace vectoriel de rang fini sur M. En vertu d'un théorème de Jacobson ([3]), L est donc un sous-corps de M tel que $[M:L]$ soit fini, et $M^p \subset L$, et Δ' est l'ensemble de toutes les dérivations de M s'annulant dans L.

([2]) N. Bourbaki, *Actual. Scient. et Ind.*, n° 1032, 1947, p. 70.

([3]) N. Jacobson, *Amer. Journ. of Math.*, 66, 1944, p. 647-648.

Comme $K^{p^{r+1}} \subset L$ et $\Delta \neq \Sigma$, on a $K^{p^r} \not\subset L$, donc K est une extension radicielle finie de L, d'exposant $r+1$, et il résulte aussitôt de ce qui précède que $\Delta = \Delta(L, M)$ et $\Sigma = \Sigma(L, M)$, ce qui achève notre démonstration.

4. Parmi les corps M tels que $L(K^{p^r}) \subset M \subset K$ et $M^p \subset L$, le plus petit est évidemment $L(K^{p^r})$; or, tous ces corps sont tels que $\Delta(L, M)$ engendre le *même* sous-anneau $\mathcal{L}(K_L)$ de $\mathcal{E}(K)$; le corps $L(K^{p^r})$ se distingue donc parmi tous les corps M précédents par le fait que l'idéal $\Sigma(L, M)$ correspondant a *le plus grand rang* possible sur K; on vérifie aisément que cela équivaut au fait que $\Delta(L, M)$ a le plus grand rang possible sur M (ou sur K).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Tribus de Boole et fonctions mesurables. Transformations équimesurables.* Note (*) de M. **Otton Martin Nikodým**, présentée par M. Gaston Julia.

Reprenons les notions et dénominations de la Note précédente ([1]). Appelons *tribu de Wecken* (w. tr.) (*measure algebra*), une tribu abstraite où $0 \neq 1$, den. add. et possédant une mesure μ non triviale, finie, den. add., et effective ([2]). J'appelle deux w. tr. mesurées (T_1) et (T_2) *métromorphes*, s'il existe entre leurs somata une correspondance den. isomorphe et conservant la mesure.

Les *tribus Lebesguiennes* $L(\gamma)$ (où γ est un nombre ordinal fini ou transfini), définies, en partant de la tribu Lebesguienne somatique ordinaire sur (0, 1), par le procédé de multiplication cartésienne itérée finie ou transfinie et complétée, sont des w. tr. ([3]). Chaque w. tr. sans atomes peut être plongée métromorphiquement (à un facteur numérique près) dans une $L(\gamma)$ suffisamment élevée (Maharam, *loc. cit.*). Soient (A), (B) deux w. tr. ayant la même unité 1 et où (B) est une sous-tribu de (A). Soit $a \in (A)$; par la *B-projection de a*, $\text{proj}_B\, a$, nous entendrons le plus petit $b \in (B)$ où $a \subseteq b$.

Les modifications suivantes de deux lemmes de Maharam (*loc. c.*) subsistent. 1° Supposons que pour chaque $x \neq 0$, $x \in (A)$ il existe un $x_1 \subset x$ tel que x_1 n'appartient pas à la plus petite tribu contenant (B) et x, et soit $a \in (A)$. Il existe alors un $0 \neq a' \subset a$, $a' \in (A)$ tel que pour tout $q \in (B)$ on a $0 \subset qa' \subset qa$, $\text{proj.}_B a' = \text{proj.}_B a$. 2° Si (A) est métrisée, il existe une w. tr. (Q) avec le même 1 tel que (Q) est métromorphe (à un facteur près) avec $L(1)$ et, si $0 \neq q \in (Q)$, on a $\text{proj.}_B q = 1$. Si (A), (B) sont deux w. tr. ayant la même unité 1 et, si (B) est une sous-tribu de (A), il existe une classe vide ou au plus dénombrable de somata $a_1, a_2, \ldots,$ de (A) disjoints et $\neq 0$ tels que le plus général *B-indécomposable* soma a de (A) [c'est-à-dire $a.(A) \equiv a.(B)$]

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 37.

([2]) F. Wecken, *Math. Zeits.*, 45, 1939.

([3]) *Voir*, par exemple, D. Maharam, *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 28, 1942.

est $a = \Sigma_n a_n b_n$ où $b_n \in (B)$. Les a_n peuvent être choisis de manière qu'on ait $\text{proj}._B a_1 \supseteq \text{proj}._B a_2 \supseteq \ldots$ Les méthodes de Maharam permettent de démontrer le théorème suivant de décomposition [plus fine que celle de H. Nakano (4)], pour les (A) mesurées :

Théorème. — $(A) = \Sigma_k a^{0k}(B) + \Sigma_k a^{1k}(B) \times (Q^{1k}) + \Sigma_k a^{2k}(B) \times (Q^{2k}) + \ldots$ *où* $a^{ik} \in (A)$, *sont disjoints*, $\text{proj}_B a^{i1} \supseteq \text{proj}_B a^{i2} \supseteq \ldots$ $(i \geqq 0)$, (Q^{ik}) *est facteur métromorphe à un* $L(\gamma)$ *où* γ *ne dépend que de* i, *les* $L(\gamma)$ *correspondant aux* i *différents ne sont pas isomorphes*, $\text{proj}_{a^{ik},B} q = a^{ik}$ *pour tout* $0 \neq q \in Q^{ik}$. *Le nombre des* a^{ik} *est au plus dénombrable et quelques-uns d'eux peuvent être absents.* [$\times$ *désigne le produit cartésien complété et les sommations sont des sommations directes.*]

En appliquant ce théorème au cas où (A) est la tribu Lebesguienne sur $(0, 1)$ et (B) la tr. s. sp. (T^*_f) d'une fonction m. $f(x)$ définie presque partout sur $(0, 1)$ et, en utilisant un théorème de J. V. Neumann (5) sur les transformations ponctuelles isométriques, on obtient le

Théorème. — *Il existe une décomposition de* $(0, 1)$ *en des ensembles disjoints m.* ε^{0k}, ε^{1k}, ε^{2k} *de mesure positive* $(k = 1, 2, \ldots)$ *tel que* $\text{proj}_B(\varepsilon^{i1})^* \supseteq \text{proj}_B(\varepsilon^{i2})^* \supseteq \ldots$ $(i = 1, 2)$ *pour les somata y correspondant, et, tels que :* 1° $f(x)$ *restreinte à* ε^{0k} *est constante;* 2° $f(x)$ *restreinte à* ε^{1k} *peut être transformée par une transformation ponctuelle presque bi-univoque et isométrique en une fonction* $G^{1k}(\xi)$ *croissante définie sur un intervalle de longueur* $= \text{mes}\,\varepsilon^{1k}$; 3° $f(x)$ *restreinte à* ε^{2k}, *peut être transformée, d'une manière analogue, en une fonction de deux variables* $H^{2k}(\xi, \eta)$ *définie dans un rectangle de base* $= \text{mes}\,\varepsilon^{2k}$ *et de hauteur* $= 1$ *où* $H^{2k}(\xi, \eta)$ *est croissante pour tout* η *fixé et constante pour tout* ξ *fixé. Quelques-uns des* ε^{ik} *peuvent être absents.*

Les nombres des ε^{0k}, ε^{1k}, ε^{2k} ont un caractère invariantif. Si $F \subseteq \varepsilon^{2k}$, mes. $F > 0$, la fonction $f(x)$ restreinte à F ne peut pas être transformée par une transformation presque biunivoque et conservant la mesure en une fonction monotone d'une seule variable. Remarquons que tous les cas possibles sont réalisés par des fonctions continues $f(x)$ sur $(0, 1)$. Par exemple, si $\xi = f(x)$, $\eta = g(x)$ est la vraie courbe de Peano remplissant le carré, $f(x)$ et $g(x)$ possèdent seulement la partie correspondant à $\varepsilon^{21} = (0, 1)$. Ces théorèmes montrent que le phénomène de multiplicité du spectre continu des opérateurs Hermitiens self-adjoints possède sa source dans les tribus de Boole (6). Des notions de multiplicité du spectre dans le domaine du spectre continu ε^{1k} et dans celui du spectre Peanien ε^{2k} peuvent être introduites pour $f(x)$ par la méthode analogue à celle de Friedrichs (7).

---

(4) *Math. Ann.*, 3, 1941, p. 118.

(5) *Ann. of Math.*, 33, 1932.

(6) *Voir* O. Nikodým, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 522, 628, 778.

(7) *Voir* Wecken, *Math. Ann.*, 116, 1939.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Mesure de Haar et trace d'un opérateur.* Note (*) de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soit H un espace hilbertien complexe et $\mathcal{B}$ l'ensemble des opérateurs bornés de H. Toute sous-algèbre auto-adjointe et faiblement fermée de $\mathcal{B}$ s'appelle *anneau d'opérateurs* (1). Tout anneau d'opérateurs M dont le centre se compose des opérateurs $\lambda 1$ s'appelle *facteur* (2). Pour certains de ces facteurs (ceux de type fini), on sait associer, à tout $A \in M$, un nombre complexe $t(A)$, appelé sa *trace*, qui possède les propriétés *caractéristiques* suivantes (3) :

$$t(1) = 1, \tag{1}$$

$$t(\lambda A) = \lambda t(A), \tag{2}$$

$$t(A + A') = t(A) + t(A'), \tag{3}$$

$$t(A) \geqq 0 \quad \text{si} \quad A \in M_H,\ A \geqq 0, \tag{4}$$

$$t(UAU^{-1}) = t(A) \quad \text{si} \quad U \in M_U, \tag{5}$$

$$t(A^*) = \overline{t(A)}. \tag{6}$$

En particulier, si $A \in M_P$, $t(A)$ s'appelle aussi la *dimension* de A.

2. La *moyenne* $M(f)$ d'une fonction continue f sur un groupe compact $\mathcal{G}$ possède des propriétés caractéristiques tout à fait analogues aux propriétés (1)-(6). A la dimension des projecteurs correspond alors la *mesure* des ensembles. Or, on construit $M(f)$ directement, par la méthode suivante (4) : on considère les $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i f_{s_i} \left(\lambda_i \geqq 0;\ \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1;\ s_i \in \mathcal{G} \right)$, où $f_s(x) = f(s^{-1}x)$, et *l'on approche uniformément* $M(f)$ *par de telles fonctions*. On en déduit la mesure des ensembles. Au contraire, dans l'étude des facteurs, on construit la dimension des projecteurs, et l'on en déduit la trace des opérateurs. Nous avons cherché à construire directement la trace d'un opérateur; il suffit de le faire pour les éléments de M_H.

3. Soit E un espace de Banach réel ordonné (5) (on suppose : 1° que la relation d'ordre $x \geqq y$ pour $x \in E$, $y \in E$ entraîne $x + z \geqq y + z$ pour $z \in E$ et $\lambda x \geqq \lambda y$ pour $\lambda \geqq 0$; 2° que l'ensemble des $x \geqq 0$ est fermé; 3° qu'il existe

(*) Séance du 3 janvier 1949.

(1) J. von Neumann, *Math. Ann.*, 102, 1929, p. 370-427.

(2) F. J. Murray et J. von Neumann, *Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 116-229; *Trans. Amer. Math. Soc.*, 41, 1937, p. 208-248.

(3) M_H désignera l'ensemble des opérateurs self-adjoints de M, M_U l'ensemble des unitaires de M, M_P l'ensemble des projecteurs de M.

(4) J. von Neumann, *Compositio Math.*, 1, 1934, p. 106-114.

(5) Semi-ordonné, suivant une autre terminologie.

un élément 1, avec $\|1\|=1$, tel que $\|x\|\leqq 1$ soit équivalent à $1\geqq x\geqq -1$). Soit G un groupe d'automorphismes de E (pour sa structure d'espace normé ordonné) et soit E_0 le sous-espace vectoriel fermé constitué par les éléments invariants par G. Supposons $1\in E_0$.

Définition. — Soit $x\in E$. On désignera par $T(x)$ tout élément $y\in E_0$ *appartenant à l'ensemble convexe fermé engendré par les sx.*

Hypothèse $\mathcal{H}1$: Pour tout $x\in E$ et tout $\varepsilon>0$, il existe des éléments $s_i\in G$, des nombres $\lambda_i\geqq 0\left(1\leqq i\leqq n;\ \sum_{i=1}^{n}\lambda_i=1\right)$ et un $y\in E_0$ tels que $\left\|\sum_{i=1}^{n}\lambda_i s_i x-y\right\|\leqq\varepsilon$.

On montre alors que, pour tout $x\in E$, $T(x)$ existe.

Hypothèse $\mathcal{H}2$: Soit s_i des éléments de G, λ_i des nombres $(1\leqq i\leqq n)$, $x\in E$, $y\in E_0$, avec $\sum_{i=1}^{n}\lambda_i=0$, $\sum_{i=1}^{n}\lambda_i s_i x\geqq y$. Ces conditions entraînent $0\geqq y$.

On montre alors que pour tout $x\in E$, $T(x)$ est unique et possède les propriétés *caractéristiques* suivantes :

(1) $$T(1)=1,$$
(2) $$T(\lambda x)=\lambda T(x),$$
(3) $$T(x+x')=T(x)+T(x'),$$
(4) $$T(x)\geqq 0 \quad \text{si} \quad x\geqq 0,$$
(5) $$T(sx)=T(x).$$

4. Soit M un anneau d'opérateurs (contenant 1). Avec la norme et la relation d'ordre usuellement employées, M_H est un espace de Banach ordonné. Pour tout $U\in M_U$, on considère l'application $A\to UAU^{-1}$, qui est un automorphisme de M_H. Toutes les propriétés du paragraphe 3, sauf $\mathcal{H}1$ et $\mathcal{H}2$, sont alors évidentes. E_0 est l'ensemble des $A\in M_H$ qui permutent avec tout $U\in M_U$, c'est-à-dire *l'ensemble des opérateurs self-adjoints du centre de* M. On montre de plus que M_H vérifie $\mathcal{H}1$, à l'aide du

LEMME. — *Soit* $P\in M_P$, $Q\in M_P$. *Il existe un* $P_1\in(M\cap M')_P$, *des éléments* p_1, p'_1, q_1, p_2, q_2, q'_2 *de* M_P, *avec* $p_1\leqq P_1$, $p'_1\leqq P_1$, $q_1\leqq P_1$; $p_2\leqq 1-P_1$, $q_2\leqq 1-P_1$, $q'_2\leqq 1-P_1$; $p'_1p_1=p'_1q_1=q'_2q_2=q'_2p_2=0$; $P=p_1+p'_1+p_2$, $Q=q_1+q_2+q'_2$; $p_1\sim q_1$, $p_2\sim q_2$ (6).

5. Tout anneau d'opérateurs ne vérifie pas $\mathcal{H}2$. Et, effectivement, la trace, telle que nous l'avons définie, n'est pas unique dans certains anneaux d'opérateurs (par exemple les facteurs de type infini). Appelons *anneaux de type fini* les anneaux pour lesquels les hypothèses $p\in M_P$, $p\sim 1$ entraînent $p=1$: ils généralisent les facteurs de type fini. Alors :

---

(6) La relation $p\sim q$ entre deux projecteurs de M signifie qu'il existe un $U\in M$ tel que $U^*U=p$, $UU^*=q$.

M_H vérifie $\mathcal{H}2$ si et seulement si M est de type fini ([7]).

Dans la démonstration, assez longue, on fait notamment usage de la notion suivante : un $p \in M_P$ est dit *réductible* s'il existe $p_1 \in M_P$, $p_2 \in M_P$, avec $p_1 p_2 = 0$, $p_1 \leqq p$, $p_2 \leqq p$, $p_1 \sim p_2$, $p_1 \neq 0$.

La théorie de la trace est ainsi établie pour tous les anneaux d'opérateurs de type fini. Dans le cas des facteurs, les éléments du centre de M, donc la trace, peuvent être identifiés à des scalaires, et l'on retrouve la théorie classique.

THÉORIE DES FONCTIONS ANALYTIQUES. — *Sur les surfaces de Riemann possédant des points critiques arbitrairement rapprochés.* Note (*) de Mme **Marie-Hélène Schwartz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Sur de telles surfaces, considérées comme surfaces de recouvrement de la sphère de Riemann Σ, choisissons la métrique définie par le ds^2 de Σ. Leur étude ne peut pas se ramener à celle des surfaces précédemment considérées ([1]), dont les points critiques avaient entre eux une distance bornée inférieurement. Certaines propriétés de celles-ci se généralisent du fait de la faible densité des points critiques (nous supposons toujours $L/S \to 0$); ainsi l'on peut encore définir des *pointes sortantes* et *rentrantes* dont la demi-différence définit un défaut total analogue à la courbure géodésique introduite par Ahlfors ([2]). Mais on ne peut plus définir un arbre topologique dont les rameaux ont des proportions bornées.

I. *Définissons une surface parabolique* G *pour laquelle* $V = \lim V_\nu > 2$ (les surfaces d'approche étant définies à l'aide d'un arbre topologique et des générations qu'il définit); elle correspond à la fonction

$$f(z) = z \prod_{0 \leq \nu < \infty} \left[1 - \left(\frac{z}{a_\nu} \right)^{2^\nu} \right] = z \prod_\nu \prod_\lambda \left(1 - \frac{z}{\omega_\nu^{\lambda+1/2} a_\nu} \right), \qquad a_\nu = 2^{\nu^2}, \qquad \omega_\nu^{2^\nu} = 1.$$

$f(z) \to \infty$ sauf au voisinage des zéros.

G n'a pas de point critique transcendant autre que l'∞; et ses points critiques algébriques, tous d'ordre 1, se projettent en des points B_ν qui tendent vers le point ∞. Joignons chaque B_ν à ce point, nous obtiendrons des feuillets tels que, pour ν assez grand, toute leur frontière se projette en un voisinage arbitrairement petit du point ∞, et tels que $V = 2 + (1/2)$. Un autre système de feuillets donnerait d'ailleurs $V = V_\nu = \infty$,

([7]) Nous n'avons établi ce point en toute généralité que si M est un facteur. Dans les autres cas, nous avons dû supposer la séparabilité de H, hypothèse très probablement superflue.

(*) Séance du 22 décembre 1948.

([1]) Voir *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 45.

([2]) *Acta Soc. Sc. Fen.*, **2**, n° 6, 1937, p. 1-17.

II. Des considérations analogues permettent de répondre à une *question posée par M. Collingwood* à propos d'une récente Note (³), question qui peut s'énoncer ainsi : soit A un point de la sphère Σ, $\sigma(r)$ un nombre positif tendant vers zéro quand r tend vers sa limite R et $g(r)$, tout domaine connexe du plan des z ayant des points où $|z| \leqq r$ et dont l'image sur Σ par une fonction méromorphe donnée $f(z)$, est contenue dans un cercle de centre A et de rayon $\sigma(r)$. *L'existence d'une suite infinie de domaines* $g(r)$ *non compacts* (c'est-à-dire tendant vers la frontière $|z| = R$) *signifie-t-elle que* A *est valeur asymptotique ou limite de telles valeurs?* Il en est ainsi lorsque la surface de recouvrement est telle que ses points critiques y soient séparés par une distance bornée inférieurement car alors, pour $\sigma(r)$ assez petit, tout $g(r)$ non compact correspond à un point critique transcendant.

Mais *il n'en est pas toujours ainsi.*

Considérons en effet la fonction elliptique $p(z)$, appelons d_i^j ses domaines d'univalence, i étant l'indice de la colonne, j celui de la ligne, soient D_i^j les feuillets correspondants de la surface de recouvrement Π et $D_i'^j$ ces feuillets dont certains auront subi une déformation conservant la projection de la frontière; soient $d_i'^j$ les surfaces d'univalence du plan des z qu'une fonction méromorphe $f(z)$ fait correspondre, d'après le théorème de Riemann, aux feuillets $D_i'^j$. Soit A, B, C et ∞ les quatre points de projection des points critiques de Π. Supposons que A et B sont consécutifs sur la projection de la frontière et que D, A et B sont tels qu'une courbe de Π dont la projection tourne seulement autour de A et B puisse traverser tous les domaines D_i^j (i fixe, j prenant toutes les valeurs). Donnons alors à i une valeur fixe parmi une suite infinie $\nu(i)$ et déformons tous les feuillets D_ν^j de la même manière qui consiste à faire glisser le long de la frontière un point critique, de manière que sa projection passe de B à un point B_ν dont la distance à A est non nulle et inférieure à $\sigma(\nu)/3$ [$\sigma(\nu) \to 0$ avec $1/\nu$]. La surface G obtenue répond à la question : il existe une suite infinie de domaines g_ν [ou $g(r)$] dont chacun traverse l'infinité de domaines d'univalence $d_\nu'^j$ et où $f(z)$ est voisin de A de moins de $\sigma(\nu)$ (mais où il prend une infinité de fois les valeurs critiques A et B).

La surface G a-t-elle conservé le type parabolique de Π? Remarquons que pour une surface dont les points critiques sont d'ordre borné dans leur ensemble et se projettent en un nombre fini de points, les images d, dans le plan des z, des feuillets ont des proportions bornées dans leur ensemble d'où il résulte qu'une couronne comprenant q domaines d a une surface bornée inférieurement par k/q (on a donc le cas parabolique si, pour une suite de couronnes, $\Sigma(1/q) = \infty$). Ceci n'est pas applicable à G, mais on considère alors que k dépend de ν et de $\sigma(\nu)$ et l'on montre aisément que, si $\nu(i)$ croît assez vite et si $\sigma(\nu)$ tend vers zéro assez lentement, G est du type parabolique. Pour avoir un exemple du type hyperbolique, le plus simple est de partir d'une fonction fuchsienne, pour obtenir une surface G totalement ramifiée, au-dessus de cinq points.

(³) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 813-815.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces à écarts*. Note (*) de M. **Jean Colmez**, présentée par M. Paul Montel.

Conditions de régularité et distances :

1. Nous rappelons que ([1]) :

(1-1). Un espace topologique E sera muni d'un écart abstrait ordonné du premier type [du 2ᵉ type], s'il existe une application de $E \times E$ sur un ensemble ordonné S (échelle), qui a un premier élément O et qui est tel que $S - \{O\} = s$ n'ait pas de premier élément, application telle que :

1° $\rho(x, y) = O \leftrightarrow x = y$; 2° $V(a, \xi)$ sphéroïde de centre $a \in E$ et de rayon $\xi \in s$, étant l'ensemble des $x \in E$ avec $\rho(a, x)$ non $\geqq \xi\, [\rho(a, x) \leqq \xi]$, l'ensemble des sphéroïdes du centre a constitue un système de voisinages de a.

(1-2). Les écarts peuvent jouir des propriétés suivantes :

I. Symétrie; II. Propriétés de régularité : l'échelle étant filtrante à gauche et l'écart symétrique, on a :

1° Propriété de régularité locale : étant donné $a \in E$ et $\xi \in s$, il existe $\xi' = \varphi(a, \xi) \in s$ tel que $\rho(a, x)$ non$\geqq \xi' [\leqq \xi']$ et $\rho(x, y)$ non$\geqq \xi' [\leqq \xi]$ entraînent $\rho(a, y)$ non$\geqq \xi [\leqq \xi]$;

2° Propriété de régularité locale : étant donné $a \in E$ et $\xi \in s$, il existe $\xi' = \varphi(a, \xi) \in s$ tel que $\rho(a, x)$ non$\geqq \xi' [\leqq \xi']$ et $\rho(a, y)$ non$\geqq \xi' [\leqq \xi']$ entraînent $\rho(x, y)$ non$\geqq \xi [\leqq \xi]$;

3° Propriété de régularité : étant donné $\xi \in s$, il existe $\xi' = \varphi(\xi) \in s$ tel que $\rho(x, y)$ non$\geqq \xi' [\leqq \xi']$ et $\rho(y, z)$ non$\geqq \xi' [\leqq \xi']$ entraînent $\rho(x, z)$ non$\geqq \xi [\leqq \xi]$.

2. Distances et semi-distances : l'échelle s étant filtrante à gauche S étant un semi-groupe (domaine additif et associatif) ayant les rationnels $\geqq 0$ comme domaine d'opérateurs, admettant o comme élément neutre, et contenant un semi-groupe ordonné s_0 comme ensemble coinitial [s étant un semi-groupe ordonné], nous dirons que ρ est une semi-distance du premier [deuxième] type, si $\rho(x, y) \leqq \rho(x, z) + \rho(z, x)$, pour trois points quelconques de E et dans le cas du premier type, si, ξ et ξ' étant des écarts et $\eta \in s_0$, les conditions ξ non$\geqq p\eta$, ξ'' non$\geqq q\eta$ entraînent $\xi + \xi'$ non$\geqq (p+q)\eta$, p et q étant des rationnels positifs; une distance est une semi-distance symétrique ([2]).

3. Produits d'espaces :

(3-1). Tout produit d'espaces, dont chacun est défini par un écart du premier type, filtrant à gauche, vérifiant certaines des propriétés énoncées plus haut, ou par une semi-distance, est muni d'un écart jouissant des mêmes propriétés.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) Pour les définitions non données ici, voir *Revue scientifique*, janvier 1947, p. 39.

([2]) Cette notion est une synthèse de la notion d'écart régulier du premier type et de la notion de distance de Kalisch.

(3-2). Tout produit fini d'espaces définis par des écarts du deuxième type ou des semi-distances est un espace jouissant des mêmes propriétés dans les mêmes circonstances.

4. Caractérisation par les écarts du premier type :

(4-1). Un espace peut être muni d'une distance abstraite du premier type si et seulement s'il est complètement régulier.

(4-2). Un espace peut être muni d'une semi-distance abstraite du premier type si et seulement s'il est accessible. Les espaces accessibles sont les espaces topologiques vérifiant l'axiome T_1 et les axiomes I, II, IV sur lesquels, étant donnés a et $V(a)$ ([3]), il existe une fonction numérique semi-continue supérieurement avec $f(a)=0$ et $f(x)=1$, si $x \notin V(a)$.

(4-3). Un espace peut être muni d'un écart vérifiant la première propriété de régularité locale si et seulement s'il est régulier.

(4-4). L'existence, sur un espace, d'un écart du premier type vérifiant la condition de régularité 1', obtenue en supprimant, dans la condition 1, la condition de symétrie, est équivalente à l'existence d'un écart régulier α ou à l'existence d'une semi-distance.

5. Écarts et distances du deuxième type : Pour qu'un espace possède un écart du deuxième type, vérifiant les deux conditions de régularité locale, il faut et il suffit qu'il possède un écart du deuxième type possédant la première condition et tel que, étant donnés a et $b \in E$, $a \neq b$, l'ensemble des $\xi \in s$ tel que $\rho(a, x) \leq \varphi(\xi, x)$, $\rho(b, x) \leq \varphi(\xi, x)$ pour un certain x, soit borné.

(5-2). Si un espace est à écart régulier du deuxième type, ou bien il possède un système $\mathcal{B}$ de voisinage U de la diagonale dans $E \times E$ tel que les $U(a)$ ([4]) pour U donné et a quelconque soient disjoints ou confondus et que l'ensemble des U contenant un couple (x, y), $x \neq y$, contiennent un même ensemble $U' \in \mathcal{B}$, ou bien toute suite $\xi_1 \geq \xi_2 \geq \ldots \geq \xi_n \geq \ldots$, ou $\xi_{i+1} = \varphi(\xi_i)$, n'est pas bornée à gauche dans s. Dans le premier cas il existe une distance du deuxième type et dans le deuxième cas un écart où $\rho(x, y) \leq \xi' < \xi$ et $\rho(y, z) \leq \xi' \leq \xi$ entraînent $\rho(x, z) \leq \xi$.

(5-3). Un espace accessible possède une distance abstraite du deuxième type si et seulement s'il possède une famille $\mathcal{F}$ de fonctions continues telle que :

1° Étant donné a et $V(a)$, il existe n entier > 0 et $f \in \mathcal{F}$ tel que si $x \notin V(a)$, $f(x) \geq 1/2^n$ et $f(a) = 0$.

2° Étant donné a et b, $a \neq b$, l'ensemble des (x, y) tels que

$$|f(x) - f(y)| \leq \frac{1}{2^n} |f(a) - f(b)|,$$

quel que soit $f < \mathcal{F}$, telle que $|f(a) - f(b)| \neq 1$, contient l'ensemble des (x, y)

([3]) Voisinage de a.

([4]) $U(a)$ ensemble des x avec $(a, x) \in U$.

tels que $|f'(x)-f'(y)|\leqq 1/2^n$ pour un certain $f'\in\mathcal{F}$ et un certain n entier >0.

(5-4). Un espace à écart totalement ordonné peut être muni d'une distance totalement ordonnée du deuxième type. Un espace à écart du deuxième type, régulier, s'il est $\aleph_\alpha$ compact, où ω_α est le type de l'échelle, peut être muni d'une distance totalement ordonnée du deuxième type.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Multiplicités des composantes excédentaires d'intersection.* Note de M. **Pierre Samuel**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous allons exposer ici une généralisation de la théorie, due à A. Weil et à C. Chevalley [1], des multiplicités d'intersection des variétés algébriques. Soient U et V deux variétés de dimensions u et v plongées dans l'espace affine A^n; rappelons que toute composante M de $U\cap V$ est de dimension $m\geqq u+v-n$ (WF Chap. VI, cor. I du th. 1, I, p. 65); nous appellerons *excès* de M dans $U\cap V$ l'entier positif $e=m-(u+v-n)$; la théorie de Weil-Chevalley s'applique aux composantes *propres*, c'est-à-dire d'excès nul; nous allons la généraliser aux composantes *excédentaires*, c'est-à-dire d'excès positif quelconque (par exemple les points d'intersection de deux courbes de l'espace ordinaire A^3).

Définition. — *Soit M^m une composante excédentaire de $U^u\cap V^v$; considérons, dans l'espace produit $A^n\times A^n$, la variété $U\times V$, la diagonale Δ, et la sous-variété M^Δ de Δ ayant M pour projection sur le premier facteur; soient x_i et x'_i les fonctions induites sur U et V par les coordonnées X_i et X'_i. Nous appellerons multiplicité de M dans $U\cap V$, et nous noterons $i(M; U.V)$, la multiplicité* [2], *dans l'anneau des quotients $\mathfrak{O}=Q_{U\times V}(M^\Delta)$, de l'idéal $\mathfrak{X}$ engendré par les $(x_i-x'_i)$.*

On démontre les propriétés suivantes :

a. Lorsque M est propre les $(x_i-x'_i)$ forment un système de paramètres de $\mathfrak{O}$, et notre définition coïncide avec celle de C. Chevalley (I, p. 67). Si U et V sont portées par une variété Ω^ω sur laquelle M est *simple*, et si (X_α) $(1\leqq\alpha\leqq\omega)$ est un ensemble de variables uniformisantes de Ω le long de M, l'idéal $\mathfrak{X}$ est engendré aussi par les $(x_\alpha-x'_\alpha)$; ceci montre que notre définition est indépendante de l'espace affine A^n choisi, et que, si $m=u+v-\omega$, $i(M; U.V)$ est égal à $i_\Omega(M; U.V)$ (I, p. 67).

b. Une condition nécessaire et suffisante pour que $i(M; U.V)=1$, est que l'on ait : 1° M est simple sur U et sur V; 2° l'idéal premier de M est une composante primaire de la somme des idéaux premiers de U et V; il faut remarquer que, si l'excès de M n'est pas nul, (2) n'entraîne pas (1).

---

(1) *Amer. Math. Soc. Coll. Publ.*, 29, 1946, New-York, (Note WF); *Trans. Amer. Math. Soc.*, 57, (1), 1945, p. 1-85, (Note I).

(2) P. Samuel, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1244-1245, (note AL).

c. Soient k un corps de définition commun à U, V et M (WF, chap. IV), $\tilde{U}$ et $\tilde{V}$ deux cylindres de dimensions $u+e_1$ et $v+e_2$ $(e_1+e_2 \leqq e)$ passant par U et par V, et de directions génériques et indépendantes sur k. Alors M est une composante de $\tilde{U}_\cap \tilde{V}$ et l'on a $i(M; U.V) = i(M; \tilde{U}.\tilde{V})$; prenant $e_1+e_2 = e$, nous ramenons ainsi l'étude des composantes excédentaires à celle des composantes propres.

d. Si L est une variété linéaire d'équations $[F_\alpha(X_i) = 0]$, et si x_i est la fonction induite par X_i sur U, l'entier $i(M; U.L)$ est égal à la multiplicité de l'idéal de $Q_U(M)$ engendré par les $[F_\alpha(x_i)]$. On a ainsi $i(M; U.V) = i[M^\Delta; (U \times V).\Delta]$.

e. Si U est une sous-variété de V, nous appellerons *multiplicité de* U *sur* V et noterons $m(U; V)$ la multiplicité de l'anneau local $Q_V(U)$(AL). On a $m(U; V) = i(U; U.V) = i(U; \tilde{U}.V)$, $\tilde{U}$ étant un cylindre de dimension $u+(n-v)$ passant par U et de direction générique sur un corps de définition k commun à U et V; si U est un point, ceci montre que notre définition coïncide avec la définition classique. Enfin on a $m(U; V) = m(P; V)$, P étant un point générique de U sur k.

f. Si M est une composante de $U_\cap V$, et M′ une composante de $U'_\cap V'$, $M \times M'$ est composante de $(U \times U')_\cap(V \times V')$, et l'on a *la formule des variétés-produits* $i[M \times M'; (U \times U').(V \times V')] = i(M; U.V)\,i(M'; U'.V')$. En particulier $m(M \times M'; V \times V') = m(M; V)\,m(M'; V')$. On en déduit l'inégalité

$$i(M; U.V) \geqq m(M; U)\,m(M; V).$$

g. Considérons une variété V de $A^n \times A^m$, sa projection V′ sur A^n, une variété U de A^n, et une composante M de $U_\cap V'$; soient (M_i) $(l \leqq i \leqq s)$ les composantes de $V_\cap(U.A^m)$ se projetant sur M; nous supposerons que V et que les M_i sont projetés sur A avec des indices de projection finis $[V:V']$ et $[M_i:M]$ (I, p. 75), et qu'aucune M_i n'est *à l'infini*; on a alors *la formule de projection* : $[V:V'].i(M; U.V') = \sum_{i=1}^{s} [M_i:M].j(M_i; (U \times A^m).V)$.

h. Enfin les multiplicités de composantes excédentaires sont *invariantes par correspondance birationnelle birégulière;* plus précisément, si M est une composante de U.V, si U et V sont contenues dans une variété Ω, si Ω est en correspondance birationnelle, et birégulière le long de M, avec une variété de Ω′, et si M′, U′ et V′ désignent les sous-variétés de Ω′ correspondant à M, U et V, on a $i(M; U.V) = i(M'; U'.V')$; en particulier les multiplicités de M sur Ω et de M′ sur Ω′ sont égales.

i. Par contre de nombreux contre-exemples de nature simple montrent que la formule d'associativité (I, p. 69, th. 4; WF. chap. VI, th. 5) ne se généralise pas aux composantes excédentaires. Il en est de même du principe de conservation du nombre.

Démonstrations et exemples feront l'objet d'une publication ultérieure.

CINÉMATIQUE. — *Un théorème anallagmatique en cinématique des surfaces.* Note (*) de M. **Antonio Signorini**, présentée par M. Élie Cartan.

M. Élie Cartan a récemment [1] tenu à Pise une conférence *sur deux théorèmes de Géométrie anallagmatique réelle*. Cette conférence m'a fait souvenir qu'il y a six ans, dans un cours à l'Institut de Haute Mathématique de Rome, j'établis un théorème *anallagmatique* à l'égard de la propagation d'une onde épicentrale dans certains milieux invariables, isotropes mais hétérogènes.

En disant *onde épicentrale* je veux naturellement me borner aux cas dans lesquels le front d'onde est donné à l'instant initial $t=0$ par un seul point E [épicentre]. De plus, je suppose que, en correspondance à tout point P du milieu, la vitesse u de déplacement du front d'onde σ_t est proportionnelle à une puissance de la distance de P à un point fixe $O \neq E$. En appelant r_0 et u_0 les valeurs de r et u en E, j'entendrai

$$u = u_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{1-\mu}, \tag{1}$$

avec une valeur quelconque de la constante μ, positive ou négative : pour $\mu=1$ on retombe sur le cas banal de l'homogénéité.

Sous ces hypothèses on trouve que :

a. pour $t < r_0/u_0|\mu|$ *parmi les inversions par rayons vecteurs réciproques de centre* O, *il y en a toujours une qui transforme* σ_t *en soi-même;*

b. Si $1/\mu$ *est entier, la surface* σ_t *ne cesse d'être anallagmatique pour* $t > r_0/u_0|\mu|$, *mais on a alors affaire avec une inversion ou antiinversion* [2] *selon que* $1/\mu$ *est pair ou impair.*

Ce théorème, à ce qu'il semble, n'est pas connu. D'ailleurs, on peut en donner une démonstration assez expressive, car le cas générique $\mu \neq 0$ peut être simplement ramené au cas banal $\mu=1$ par une transformation conforme en deux dimensions.

Voilà ce qui m'a porté à prier M. Cartan de vouloir bien présenter cette Note à l'Académie.

1. *Rappel de théorèmes connus.* — Soient π un plan fixe passant par la droite OE et m_t l'intersection de σ_t avec π. Remplaçons momentanément la relation (1) par la relation bien plus générale

$$u = u(r),$$

ce qui n'empêche pas que tout σ_t soit encore une surface de révolution autour de OE, ayant m_t comme section méridienne.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

[1] IIIe *Congrès de l'Union mathématique italienne*, Pise, 23-26 septembre 1948.

[2] Pour faire court, je sous-entends dorénavant l'adjonction des mots *par rayons vecteurs réciproques de centre* O au mot *inversion* ou *antiinversion*.

Nous désignerons par b [bicaractéristique] une quelconque des trajectoires orthogonales de la famille de courbes m_t. Chaque b a son origine en E, le long de toute b la vitesse de son intersection avec m_t [et σ_t] ne diffère pas de u.

En correspondance au point générique P de b, appelons i l'angle formé par OP avec la tangente à b. On a ainsi [théorème de Bouguer]

$$\frac{r \sin i}{u(r)} = \text{const.} \tag{2}$$

le long de toute b.

2. *Démonstration du théorème anallagmatique.* — On peut désormais se borner au plan π. Naturellement, il sera expédient de rapporter π à un système de coordonnées polaires, r et θ, en prenant OE comme axe polaire.

Lorsqu'on rétablit la relation (1), l'intégrale (2) se réduit à

$$r^{\mu} \sin i = \text{const.} = C. \tag{3}$$

Pour $\mu = 0$ chaque b est une spirale logarithmique. Pour $\mu \neq 0$ [et $C \neq 0$] il suffit de dériver logarithmiquement l'équation (3) par rapport à θ, pour reconnaître que chaque b est donnée par un arc de spirale sinusoïde, le long duquel $\mu\theta$ reste toujours compris entre $-\pi$ et π.

En sous-entendant $\mu \neq 0$, assujettissons l'ensemble des b à la transformation $\mathfrak{T}$ définie par les égalités

$$r' = \frac{r^{\mu}}{r_0^{\mu-1}}, \qquad \theta' = \mu\theta.$$

Il s'agit d'une transformation conforme, qui admet E comme point uni. En outre, tout rayon $\theta \equiv$ const. est transformé dans un rayon $\theta' \equiv$ const. Par conséquent, $\mathfrak{T}$ *ne change jamais la valeur de* i ou, au moins, la valeur de $\sin i$.

En somme, la relation correspondant à (3) est bien celle qui caractérise les b dans le cas banal [demi-droites sortant de E].

Les transformées des m_t [trajectoires orthogonales des transformées des b] sont donc les cercles $c_{t'}$ sections de π avec les sphères concentriques qui donnent les fronts d'onde dans le cas banal.

On peut ajouter qu'on trouve aisément

$$t = \frac{t'}{|\mu|}; \tag{4}$$

même à cet égard, la transformation $\mathfrak{T}$ ramène le cas générique $\mu \neq 0$ au cas banal $\mu = 1$ d'une façon très simple.

Dans le cas banal, au moins pour $t' \neq r_0/u_0$, parmi les transformations par rayons vecteurs réciproques de centre O, il y en a toujours une qui transforme $c_{t'}$ en soi-même; pour $t' < r_0/u_0$ il s'agit d'une inversion, pour $t' > r_0/u_0$ d'une antiinversion.

D'autre part, il est visible qu'en $\mathfrak{T}$ une inversion provient toujours d'une inversion, et une antiinversion provient d'une antiinversion si $1/\mu$ est entier

et impair, tandis qu'elle provient d'une inversion si $1/\mu$ est entier et pair. C'est ce qui suffit [*cf.* (4)] pour que le théorème anallagmatique soit complètement établi pour $\mu \neq 0$.

Naturellement, le cas $\mu = 0$ ne fait pas exception; dans ce cas, un court calcul donne directement

$$r = r_0 e^{\pm\sqrt{\frac{u_0^2 t^2}{r_0^2} - \theta^2}},$$

comme équation polaire de σ_t.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'application de la théorie des équations différentielles linéaires à coefficients périodiques aux problèmes d'appuis élastiques.* Note (*) de M. Théodore Vogel, présentée par M. Joseph Pérès.

Étant donné un système vibrant continu tel qu'une corde, une verge, etc., on sait que des liaisons se traduisant par des forces isolées proportionnelles aux déplacements de leurs points d'application introduisent un couplage entre les coordonnées normales. C'est notamment le cas des appuis élastiques, que l'on remplace d'habitude, pour cette raison, par une force de rappel uniformément répartie ; mais si cette approximation est acceptable pour un rail appuyé sur de nombreuses traverses, par exemple, elle ne peut être admise lorsque l'espacement des appuis élastiques est une fraction importante de la portée totale.

On peut alors considérer la force de rappel comme la limite d'une distribution périodique continue présentant aux appuis, des maxima de plus en plus marqués. C'est ce qu'a fait Nöther (¹) dans son étude des filtres électriques à impédances concentrées, qui le conduit à une équation de Hill de forme simple. On peut généraliser comme suit les résultats de cet auteur :

Soit $\sigma \sum_{m=-\infty}^{\infty} (-1)^m e^{imx}$ la force de rappel, l'équation aux fonctions propres du système vibrant pourra s'écrire

$$\sum_{p=1}^{n} a_p \frac{d^p y}{dx_p} = 0, \tag{1}$$

où $a_0 = \lambda + \sigma + \sigma \sum_{-\infty}^{\infty} (-1)^m e^{imx}$, et $a_1, \ldots, a_n$ sont des constantes (dont la dernière pourra être prise égale à 1). Le théorème de Floquet permet de

(*) Séance du 3 janvier 1949.

(¹) IIIe *Congrès Intern. Méc. appl.*, (Stockholm, 1930), III, p. 143. Nous renvoyons à ce Mémoire pour la discussion des questions que posent la discontinuité et la non-convergence des séries à la limite.

rechercher une solution de la forme $y=\sum_{-\infty}^{\infty} b_m e^{i(m+\mu)x}$, d'où, en posant

$$\lambda+\sigma=\alpha^2,\qquad \sum_{-\infty}^{\infty}(-1)^\mu b_\nu=-\mathrm{M},\qquad \sum_p a_p i^p(m+\mu)^p+\alpha^2=\prod_p(im+i\mu-\zeta_p),$$

(2) $$b_m=(-1)^m\frac{\sigma\mathrm{M}}{\Pi(im+i\mu-\zeta_p)},$$

et l'équation caractéristique en μ

$$1=\sigma\sum_m\frac{1}{\Pi(im+i\mu-\zeta_p)}=\sigma\sum_m\sum_p\frac{i\beta_p}{(-\mu-i\zeta_p)-m},$$

où les β_p sont donnés par des calculs algébriques élémentaires; soit encore

(3) $$\sum_p\beta_p\operatorname{cotg}(\mu+i\zeta_p)=\frac{i}{\pi\sigma}.$$

Dans le cas d'une corde tendue, $n=2$, $a_1=0$, (1) est l'équation de Hill étudiée par Nöther, et (3) prend la forme

$$\cos 2\pi\mu=\cos 2\pi\alpha-\frac{\sigma\pi}{\alpha}\sin 2\pi\alpha.$$

Pour une verge, $n=4$, $a_1=a_2=a_3=0$, on a une équation du 4e ordre, dont l'équation caractéristique est

(4) $$\mathrm{A}\cos^2 2\pi\mu-\mathrm{B}\cos 2\pi\mu+\mathrm{C}=0,$$

avec

$$\mathrm{A}=\frac{\sqrt{2}\,\alpha^{\frac{3}{2}}}{\pi\sigma};$$

$$\mathrm{B}=\operatorname{sh}\pi\sqrt{2\alpha}\cos\pi\sqrt{2\alpha}+\operatorname{ch}\pi\sqrt{2\alpha}\sin\pi\sqrt{2\alpha}+\frac{2\sqrt{2}\,\alpha^{\frac{3}{2}}}{\pi\sigma}\operatorname{ch}\pi\sqrt{2\alpha}\cos\pi\sqrt{2\alpha};$$

$$\mathrm{C}=\frac{1}{2}\operatorname{sh}2\pi\sqrt{2\alpha}-\frac{1}{2}\sin\pi\sqrt{2\alpha}+\frac{\sqrt{2}\,\alpha^{\frac{3}{2}}}{\pi\sigma}(\operatorname{ch}^2\pi\sqrt{2\alpha}-\sin^2\pi\sqrt{2\alpha}).$$

Dans les applications à l'élasticité, α sera grand; on peut alors montrer que (1) aura des solutions stables pour des valeurs de α^2 voisines de $(2k+1)^4/64$ (k entier) : d'où le spectre des λ.

On traiterait de même le problème de la verge tendue ($n=4$, $a_2\neq 0$), etc.

AÉRODYNAMIQUE. — *Quelques remarques géométriques sur les équations aux dérivées partielles. Application à la dynamique des gaz.* Note (*) de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Étendant à l'espace des remarques développées par M. Pérès pour le cas plan ([1]), nous attachons à chaque solution d'une équation aux dérivées

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Cf.* un article à paraître dans le *Bulletin C. E. S. M.*, n° 7.

partielles (E) quasi linéaire et du second ordre par rapport à la fonction inconnue $\varphi(x_1, x_2, x_3)$, une transformation de l'espace ($\mathcal{E}$), point courant M de coordonnées x_1, x_2, x_3, en l'espace ($\mathcal{H}$), point courant V de coordonnées p_1, p_2, p_3, ($p_i = \varphi'_{x_i}$), les axes des coordonnées de même rang dans ($\mathcal{E}$) et ($\mathcal{H}$) étant parallèles et de même sens. Une étude locale de cette transformation, aux environs d'un couple M, V, repose sur la relation

$$dM.\delta V = dV.\delta M = \mathcal{L}(dM, \delta M), \tag{1}$$

dM et δM étant deux déplacements infiniment petits mais arbitraires à partir de M. Appelons cône de déformation (C) en M, le cône de sommet M défini par $\mathcal{L}(dM, dM) = 0$. On a immédiatement :

THÉORÈME 1. — *dV est normal au plan polaire de dM par rapport à* (C).

Des données de Cauchy aux environs de M consistent par exemple en la connaissance de deux couples (d_1M, d_1V), (d_2M, d_2V) satisfaisant à (1). On a alors le corollaire :

COROLLAIRE. — *Des données de Cauchy au voisinage de* M, *imposent en général à* (C) *de faire partie d'un faisceau de cônes de sommet* M, *à la fois linéaire ponctuel et linéaire tangentiel.*

Nous nous proposons principalement dans cette Note l'étude du problème suivant. Trouver les solutions de (E) telles que l'image de ($\mathcal{E}$) dans ($\mathcal{H}$) soit réduite à une surface Σ ou a une courbe L.

On établit successivement

THÉORÈME 2. — *Pour que l'image de* ($\mathcal{E}$) *dans* ($\mathcal{H}$) *se réduise à une surface* Σ (*resp. : une courbe* L) *il faut et suffit qu'en tout point* M, (C) *soit décomposé en deux plans distincts* (*resp. : confondus*). *De plus les points de* ($\mathcal{E}$) *ayant pour image un même point* V *de* Σ *sont alignés sur une parallèle à la normale en* V *à* Σ (*resp. : sont dans un plan parallèle au plan normal à* L *en* V).

THÉORÈME 3. — *La surface* Σ *est nécessairement plane.*

2. Supposons (E) de la forme $A_{ij}\varphi''_{x_i x_j} = 0$; on peut interpréter (E) en disant qu'en chaque point M le cône caractéristique Γ, d'équation tangentielle $A_{ij}u_iu_j = 0$, est harmoniquement inscrit au cône de déformation (C). Le problème de Cauchy revient à déterminer le cône C et trouve sa solution dans le théorème bien connu : parmi tous les cônes d'un faisceau linéaire ponctuel ou bien il y en a un et un seul harmoniquement circonscrit à un cône donné, ou bien ils le sont tous. Si le plan (d_1M, d_2M) est tangent à Γ (données caractéristiques), une solution est formée par ce plan compté deux fois, solution qui doit être écartée (théorème 2). Pour qu'il y ait réellement une solution il faudra que tous les cônes du faisceau soient harmoniquement circonscrits à (Γ), ce qui fournit une indétermination et une relation de compatibilité.

3. Deux cas sont particulièrement simples; A_{ij} fonctions des x_i seuls, et A_{ij} fonctions des p_i seuls. Ce dernier cas se présente dans la dynamique des gaz (mouvements tridimensionnels stationnaires, mouvements bidimensionnels

non stationnaires). Par exemple dans le second cas ($\mathcal{H}$) est l'espace de l'hodographe et en chaque point V de ($\mathcal{H}$) on connaît le cône (γ) supplémentaire de (Γ). La courbe L du théorème 2 n'est assujettie qu'à la condition d'être en chacun de ses points tangente au cône (γ) correspondant ([2]); L dépend donc d'une fonction arbitraire. C'est une solution de cette nature que l'on obtient dans le problème suivant : Écoulement d'un fluide à vitesse uniforme défléchie le long d'une surface développable.

Si l'image dans ($\mathcal{H}$) est un plan (théorème 3), les génératrices des cônes (γ) situées dans ce plan définissent un réseau de courbes (R), indépendant de l'écoulement étudié et qui remplacera le réseau classique des épicycloïdes. L'étude de ces écoulements, tout à fait analogues aux écoulements plans permet de résoudre les problèmes d'attaque oblique.

Dans le cas général, la relation de compatibilité peut s'écrire sous une forme simple, récemment signalée par le Professeur Sauer :

$$\sin^2\alpha\,\delta p_2 = \cos\alpha\, dp_1 - \sin\alpha\, dp_2.$$

Ox_1 étant dirigée suivant la vitesse en M, d étant le déplacement unitaire suivant la génératrice de (Γ) de cosinus directeurs $\cos\alpha$, o, $\sin\alpha$ (α angle de Mach), δM le déplacement unitaire parallèle à Ox_2. Cette relation peut théoriquement servir à un calcul numérique où l'on progresse le long de surfaces caractéristiques ou de bicaractéristiques ([3]).

GRAVIMÉTRIE. — *Nouvelles déterminations de l'intensité de la pesanteur en Algérie.* Note (*) de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Le tableau ci-après présente les résultats des mesures gravimétriques effectuées en Algérie, pendant le premier semestre 1948, au moyen du pendule Holweck-Lejay de l'Observatoire d'Alger. Les notations sont celles du Comité National de Géodésie. Pour les valeurs de g_0 et g'_0 l'action de la topographie a été corrigée (jusqu'à la zone O de Hayford incluse).

Dans une Note antérieure ([1]) était signalée une légère modification de la sensibilité instrumentale K, valeur d'avant-guerre, 197,9, nouvelle

([2]) Si q_m est la vitesse maximum, s l'abscisse curviligne sur L à partir du point de vitesse q_m, on a $(\gamma - 1)s^2 = 2(q_m^2 - q^2)$ ce qui donne l'abscisse curviligne en fonction du rayon vecteur q.

([3]) *Voir* par exemple R. Bader, *Adaptation de la méthode des caractéristiques aux écoulements à trois dimensions* (O. N. E. R. A., Note intérieure de décembre 1947); C. K. Thornhill, *The numerical method of characteristics of hyperbolic problems in three independant variables*, septembre 1948 (A. R. E. Report n° 29).

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) Jean Lagrula, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1078.

Stations.	Longitude Greenwich.	Latitude.	Altitude.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g'_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma'_0$.	$g'_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals	mgals	mgals
Arthur	2 54,4 E	36 00,0	667	979,671	979,878	979,802	979,815	979,831	+ 63	−13	+ 47	−29
Aïn Boucif	3 10,3	35 53,4	1160	530	891	760	806	821	+ 85	−46	+ 70	−61
Chabounia	2 36,3	32,8	670	596	803	727	777	792	+ 26	−50	+ 11	−65
Chellala 2	2 19,0	12,7	867	545	814	716	748	764	+ 66	−32	+ 50	−48
Djelfa 2	3 15,3	34 40,6	1135	411	762	634	703	718	+ 59	−69	+ 44	−84
Rocher de sel 1	3 05,5	49,2	927	462	748	643	715	730	+ 33	−72	+ 18	−87
» 2	3 06,1	50,1	992	450	757	645	716	732	+ 41	−71	+ 25	−87
» 3	3 05,6	51,5	900	477	755	653	718	734	+ 37	−65	+ 21	−81
Sidi Makhlouf	3 01,3	07,9	893	434	709	609	657	673	+ 52	−48	+ 36	−64
Aïn el Ibel	3 13,5	21,3	1040	413	735	617	675	691	+ 60	−58	+ 44	−74
Medjedel	3 41,1	35 08,9	837	526	785	690	743	758	+ 42	−53	+ 27	−68
Bordj Oultem	4 23,6	06,7	820	532	786	693	739	755	+ 47	−46	+ 31	−62
Aïn Khermann	4 08,3	27,1	491	632	784	729	768	784	+ 16	−39	0	−55
Maginot	3 25,1	56,4	990	573	880	769	810	826	+ 70	−41	+ 54	−57
Aïn Melah	4 09,7	34 50,6	950	478	772	665	716	732	+ 56	−51	+ 40	−67
Bou Saada 2	4 10,9	35 12,9	580	600	781	715	748	764	+ 33	−33	+ 17	−49
Messad	3 30,4	34 09,7	770	479	717	630	659	675	+ 58	−29	+ 42	−45
Daïet el Guelb	4 00,0	33 36,3	670	445	652	576	613	629	+ 39	−37	+ 23	−53
Daïet el Mehari	4 22,9	33 12,4	490	452	603	548	580	596	+ 23	−32	+ 7	−48
Chott el Hammam	4 51,3	35 35,6	486	620	771	716	780	796	− 9	−64	− 25	−80
Baniou	4 20,6	25,0	418	644	773	726	765	781	+ 8	−39	− 8	−55
Bir Kroubana	4 33,5	20,7	413	636	764	717	759	775	+ 5	−42	− 11	−58
Pascal	5 17,4	51,1	985	555	860	749	803	818	+ 57	−54	+ 42	−69
Oued Soubella	5 11,1	43,8	862	552	825	728	792	808	+ 33	−64	− 17	−80
Trois Pistachiers	3 32,6	38,9	674	586	794	718	785	801	+ 9	−67	− 7	−83
Tarmount	4 17,7	49,4	602	630	816	748	800	816	+ 16	−52	0	−68
Aïn Tagrout	5 04,7	36 07,7	919	622	906	802	826	842	+ 80	−24	+ 64	−40
Uzès-le-Duc	0 41,2	35 27,3	260	692	774	744	769	784	+ 5	−25	− 10	−40
Prévost-Paradol	1 03,2	23,0	645	594	793	721	763	778	+ 30	−42	+ 15	−57
Palat	1 14,1	15,2	955	528	823	715	751	767	+ 72	−36	+ 56	−52
Saouss	0 59,2	34 36,8	1000	473	781	668	697	713	+ 84	−29	+ 68	−54
Djebel Djedid	0 57,3	43,4	1060	462	789	669	707	722	+ 82	−38	+ 67	−53
Oued Guetaf	0 38,5	24,8	1010	433	745	630	680	696	+ 65	−50	+ 49	−66
Sidi Youssef	0 35,3	48,3	1104	462	804	679	713	729	+ 91	−34	+ 75	−50
Ferme Halilif	0 26,7	42,4	1187	438	805	671	705	721	+100	−34	+ 84	−50
Charrier	0 03,7	35 02,0	549	596	766	704	733	748	+ 33	−29	+ 18	−44
Marhoum	0 11,5 O	34 26,9	1130	418	767	640	683	699	+ 84	−43	+ 68	−59
Madani	0 04,2 E	15,0	1047	414	737	619	667	682	+ 70	−48	+ 55	−63
Smida	0 16,3	16,4	1040	420	741	623	669	684	+ 72	−46	+ 57	−61
Aïn ben Khelil	0 45,9 O	33 17,4	1156	289	646	515	587	602	+ 59	−72	+ 44	−87
Krebbaza	0 11,9	40,2	1059	344	671	551	618	634	+ 53	−67	+ 37	−83
Bou Guern	0 24,7	57,3	1000	405	714	601	642	658	+ 72	−41	+ 56	−57
Talha	0 53,8 E	34 54,3	975	502	803	693	722	738	+ 81	−29	+ 65	−45
Martimprey	0 52,9	35 03,5	840	542	802	707	735	751	+ 67	−28	+ 51	−44
Bou Riden	1 08,4	42,4	230	717	790	764	790	806	0	−26	− 16	−42
Diderot	1 16,3	30,7	572	593	771	706	773	789	− 2	−67	− 18	−83
Aïn Guefzit	1 48,9	34 58,4	1251	458	845	703	728	743	+117	−25	+102	−40
Moudjhaf	1 42,1	39,4	1020	451	765	651	701	717	+ 64	−50	+ 48	−66
Aïn Saïd	1 30,1	35 01,2	1230	458	838	699	732	747	+106	−33	+ 91	−48
Bourlier	1 37,8	23,0	936	545	834	729	763	778	+ 71	−34	+ 56	−49
Marbot	2 08,7	59,7	662	674	881	806	815	830	+ 66	− 9	+ 51	−24

valeur, 195,6. Une série de bases réoccupées cette année, notamment au Maroc, porte à 20, le nombre des stations servant à fixer la variation de K. L'ensemble de ces stations donne pour la nouvelle valeur, 195,9. Le phénomène ne semble donc pas s'accentuer. Il s'agit sans doute d'une discontinuité, liée peut-être au brutal changement de période constaté en 1947 (¹).

Il convient de noter que, par rapport à une valeur moyenne de K, voisine de 196,9, les variations relatives envisagées n'atteignent que 1/200ᵉ. Elles ne se manifestent que pour de grandes différences de *g*. Or ces dernières sont en général étudiées au cours de campagnes de longue durée, et la dérive instrumentale complique la discussion des résultats. Mais comme les recoupements possibles sont de plus en plus nombreux et de plus en plus précis, on peut s'attendre à de prochains progrès dans la fixation de K.

La période instrumentale a été, cette année, remarquablement stable.

Nous ne discuterons pas les présentes anomalies de la pesanteur; je viens en effet de terminer les réductions isostatiques (système Airy local) pour l'ensemble des stations d'Algérie et de Tunisie, y compris les stations 1948; les résultats de ces calculs, c'est-à-dire les anomalies isostatiques, que j'espère pouvoir publier prochainement, permettent une discussion beaucoup plus efficace que les anomalies de Faye ou de Bouguer. La valeur K, 197,9 a été uniformément adoptée (pour les présentes valeurs aussi). Des retouches de quelques milligals pourront être effectuées lorsque la nouvelle valeur de K aura été suffisamment précisée.

CHALEUR. — *Sur une solution nouvelle de l'équation de Fourier.* Note de M. **Jean Nordon**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Ainsi que l'a montré G. Ribaud (¹), l'équation de Fourier $a\,\partial^2\theta/\partial x^2 = \partial\theta/\partial t$ admet une solution du type

$$\theta = t^m f(z) \qquad \text{où} \quad z = x(4at)^{-\frac{1}{2}},$$

la fonction f étant solution de l'équation différentielle :

$$f'' + 2zf' - 4mf = 0. \tag{1}$$

De cette équation G. Ribaud a donné une solution dans le cas des valeurs entières de $2m$, positives ou négatives.

On peut montrer que l'intégrale générale s'exprime, pour toute valeur de m, à l'aide des fonctions de Weber (²) $D_{-2m-1}(x)$ et $D_{2m}(ix)$ (que l'on remplace

(¹) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 140, 204 et 249.

(²) Voir par exemple Whittaker and Watson, *A Course of Modern Analysis*, Cambridge, 4ᵉ éd. (1927), § **16.5**, p. 347.

par sa partie réelle). De façon précise, deux solutions distinctes ([3]) de (1) sont

$$\varphi_m(z) = 2^{m+\frac{1}{2}} \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} e^{-\frac{z^2}{2}} D_{-2m-1}(z\sqrt{2}) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma\left(m+1-\frac{p}{2}\right)} \frac{(-2z)^p}{p!},$$

$$\psi_m(z) = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}-m\right)}{2^m \Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} e^{-\frac{z^2}{2}} \mathcal{R}\, D_{2m}(iz\sqrt{2}) = {}_1F_1\left(-m, \frac{1}{2}, -z^2\right) = \sum_{p=0}^{\infty} \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma(m+1-p)} \frac{(2z)^{2p}}{(2p)!},$$

qui admettent, entre autres, les propriétés

$$\varphi_m(0) = \psi_m(0) = 1, \qquad \varphi'_m(0) = -2 \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)}, \qquad \psi'_m(0) = 0,$$

$$\varphi'_m(z) = -2 \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)} \varphi_{m-\frac{1}{2}}(z), \qquad \psi'_m(z) = 2 \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)} \left[\psi_{m-\frac{1}{2}}(z) - \varphi_{m-\frac{1}{2}}(z)\right],$$

$$\varphi_m(z) \sim \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)} \frac{e^{-z^2}}{z^{2m+1}}, \qquad \psi_m(z) \sim \frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)} z^{2m} \qquad \text{pour } z \text{ grand} > 0.$$

Appliquons ces résultats au problème du mur plan d'épaisseur infinie. La température

$$(2) \qquad \theta(x, t) = \alpha t^m \varphi_m\left(\frac{x}{\sqrt{4at}}\right) + \beta t^\mu \psi_\mu\left(\frac{x}{\sqrt{4at}}\right),$$

correspond à une température initiale

$$\theta(x, 0) = \beta \frac{\sqrt{\pi}}{(4a)^\mu \Gamma\left(\mu+\frac{1}{2}\right)} x^{2\mu}$$

et à un flux incident

$$\Phi(t) = -a C\rho \left(\frac{\partial\theta}{\partial x}\right)_{x=0} = \alpha\sqrt{a}\, C\rho \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma\left(m+\frac{1}{2}\right)} t^{m-\frac{1}{2}}.$$

Réciproquement si la température initiale et le flux incident sont des fonctions données, développables en série de puissances (entières ou non), une série de fonctions (2) représentera (sous des réserves de convergence) l'évolution de la température du mur.

([3]) Distinctes si $m + (1/2) \neq$ entier négatif. Ce cas est plus simple à étudier, la fonction de Weber s'exprimant à l'aide des polynomes d'Hermite.

RAYONS X. — *Sur la largeur des raies dans les spectres de rayons* X. Note (*) de M. **Bhaskar Gangadhar Gokhale**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La plupart des mesures de largeurs de raies dans les spectres de rayons X ont été faites, jusqu'à présent, au moyen de spectromètres à double cristal ([1]). La méthode du cristal courbé (utilisé par transmission) avec enregistrement photographique n'ayant été employée que par un petit nombre d'auteurs ([2]), il m'a paru intéressant d'en étendre l'utilisation et de mettre en parallèle les résultats des deux procédés.

Un des principaux avantages de la méthode photographique est de ne pas exiger le maintien à un régime rigoureusement constant du tube à rayons X pendant l'enregistrement. Cela permet, avec un tube démontable, d'étudier divers éléments sous forme de composés en poudre étendus en couche mince sur l'anticathode.

Le pouvoir séparateur d'un appareil à double cristal est *théoriquement* supérieur à celui d'un spectromètre photographique. Mais étant donné les difficultés de réglage des dispositifs à double cristal, Coster ([2]), par la seconde méthode, a pu mesurer récemment des largeurs pour les raies K de l'argent, inférieures à celles enregistrées par Allison avec un double cristal. J'ai obtenu également des meilleurs résultats pour les raies $K\alpha$ du molybdène.

J'ai adapté à ces recherches le spectrographe du type Cauchois construit par Frilley pour l'étude des spectres de rayons γ. Son montage est analogue à celui de l'appareil à réseau concave de Eagle. Le cristal est un mica de $0^{mm},2$ d'épaisseur, courbé cylindriquement sur 1^{m} de rayon avec une ouverture de 20×3^{mm}. Il est utilisé par réflexion dans le 3e ordre sur les plans, normaux aux faces de clivage, dont la distance réticulaire est de 4,47 Å. La dispersion est de 2,8 UX/mm environ. Le tube à rayons X fonctionne sous 25 à 30 kV et 10 à 20 mA.

Comme il a été établi expérimentalement, pour les éléments de nombres atomiques moyens, que le rapport des intensités des raies $K\alpha_2$ et $K\alpha_1$, est égal à 50 %, on peut mesurer, sur le microphotogramme d'un spectre, la largeur de $K\alpha_1$ au niveau du sommet de $K\alpha_2$ (on trouve ainsi pour le Mo des valeurs légèrement trop grandes à cause de la différence des largeurs de $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$). Pour mesurer simultanément les largeurs des deux raies, j'ai enregistré côte à

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) S. K. Allison, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 63; Allison et Williams, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 1476; Barnes et Palmer, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 1050; Richtmayer et Barnes, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 352.

([2]) Carlsson, *Zeits. f. Physik*, 84, 1933, p. 801; Ingelstam, *Nova Acta R. S. Sc. Ups.* 4, vol. 10, n° 5; Weigle, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 564; Coster et de Lang, *Physica*, août 1947.

côte, sur la même plaque, deux spectres dont le rapport d'intensités est aussi exactement que possible égal à 1/2. On peut, d'autre part, déduire de la formule de Hoyt ([3]) qui représente la forme d'une raie de rayons X que le rapport des largeurs de deux raies est indépendant des hauteurs h_1 et h_2 auxquelles on mesure ces largeurs, si la relation $h_1/H_1 = h_2/H_2$ est vérifiée, H_1 et H_2 étant les ordonnées des sommets. Pour que cette dernière condition soit exactement remplie, j'ai mesuré les largeurs sur le spectre le plus intense à la hauteur des sommets des raies homologues de l'autre spectre. De ce rapport et de la largeur mesurée pour $K\alpha_1$ on déduit celle de $K\alpha_2$. Ainsi les mesures sont faites très près de la demi-hauteur et l'application de la formule de Hoyt (qui a d'ailleurs été vérifiée expérimentalement) ne peut introduire aucune erreur.

J'ai utilisé des plaques superfulgur Guilleminot développées avec le révélateur Agfa 17 pour grain fin en 30 minutes à une température voisine de 0° C. Cette technique permet de diminuer très notablement le voile général dû au spectre continu et au rayonnement diffusé.

Les spectres ont été analysés avec un microphotomètre Vassy qui donne directement sur papier millimétré un tracé fin dont les ordonnées sont proportionnelles aux densités optiques. La largeur efficace de la fente a varié de 4 à 10$^\mu$; le facteur d'agrandissement de l'échelle des λ était environ 150.

En prenant les moyennes de mesures faites sur différents microphotogrammes de plusieurs spectres, j'ai obtenu les largeurs suivantes :

$$\mathrm{MoK}\alpha_1 : 0,27 \pm 0,01\ \mathrm{UX}; \quad \mathrm{MoK}\alpha_2 = 0,30 \pm 0,01\ \mathrm{UX}.$$

Bien que ces mesures n'aient subi aucune correction (celles qui peuvent être faites auraient pour effet de diminuer ces valeurs), elles sont inférieures à celles d'Allison et Williams (0,29 et 0,32 UX) qui utilisaient un spectromètre à double cristal. Ainsi deux méthodes très différentes donnent des résultats concordants qui confirment que le spectromètre photographique est l'appareil le mieux adapté à ces recherches.

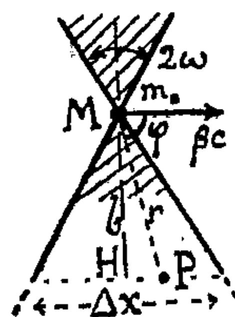
Allison ([4]) a proposé de définir le pouvoir séparateur d'un spectromètre à rayons X en disant que deux raies peuvent être séparées quand l'intervalle entre leurs sommets est égal à la somme de leurs demi-largeurs. Cette définition, qui fait intervenir la largeur des raies, ne me paraît pas significative pour un appareil destiné à mesurer ces largeurs. Il m'a semblé qu'il était plus expressif d'indiquer les écarts moyens résultant des diverses mesures faites sur les microphotogrammes pour tenir compte de toutes les causes d'erreur qui entrent en jeu.

([3]) *Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 477.

([4]) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 203.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur l'ionisation produite par une particule douée de spin dans le cas relativiste.* Note (*) de M. **Jean Thibaud** présentée par M. Louis de Broglie.

Une particule portant un moment M, électrique ou magnétique, produirait sur les électrons, en traversant un écran, de très fortes interactions en r^{-3}, d'où résulte une ionisation intense ([1]). Cette situation serait modifiée pour une particule de masse m_0 très faible, dont la vitesse se confondrait avec c, et qui se trouvera ainsi pourvue, à la fois, de deux moments $\vec{\pi}$ et $\vec{\mu}$ égaux et rectangulaires ([2]). D'autre part les lignes de forces électromagnétiques se trouveront concentrées dans un dièdre de faible ouverture 2ω (*fig.*). Le problème, dans son ensemble, est complexe et sera traité ailleurs; je veux montrer ici sur un exemple simple, comment l'ionisation serait réduite par l'effet de l'extrême aplatissement des tubes de forces dans le cas relativiste.



Soit un électron matériel P supposé fixe, croisé à la distance b par une particule M douée de moment magnétique μ et d'énergie $m_0\eta c^2$. D'après la relativité, les composantes du champ électromagnétique en P doivent être multipliées par η dans la direction normale MH, tandis que dans le reste de l'espace, elles doivent être divisées par $\eta^2(1-\beta^2\sin^2\varphi)^{3/2}$. L'action du champ sera donc négligeable, sauf pour les valeurs de φ qui rendront la parenthèse de l'ordre de η^{-2} : le champ n'agira que dans l'angle ω défini par : $\omega < \eta^{-2/3}$. La *durée de choc* classique correspondant au passage des lignes de forces en P, sera fort brève : $\Delta t = 2b\omega/c = 2b/c\eta^{2/3}$, de l'ordre de 10^{-23} sec. si $\eta = 10^7$ et $b = 10^{-8}$ cm.

Ainsi lorsque P est balayé, subira-t-il une percussion $F\Delta t$, accrue dans le rapport $\eta^{1/3}$ par l'effet de relativité. Toutefois les deux composantes du champ électromagnétique n'agissent pas identiquement, le champ magnétique transitoire en P produit une interaction électrique $e\mu b^{-3}\eta$, seule active sur l'électron puisque celui-ci est fixe. Cette interaction change de sens entre le moment où l'électron pénètre dans le dièdre 2ω (champ magnétique croissant jusqu'à $\mu\eta/b^3$), et celui où il sort du dièdre (champ magnétique tombant à zéro).

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) H. Bethe, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 108.

([2]) *Voir* les références dans la Note de J. Thibaud, *Nature*, London, 28 août 1948.

Le temps Δt nécessaire à la traversée du dièdre peut donc devenir assez petit pour que l'électron, par son inertie, ne puisse se déplacer d'une quantité y appréciable (soit $0,1\,b$) avant que le changement de sens du champ électrique n'intervienne. Le déplacement électronique y sera négligeable devant b si

$$\frac{1}{2m_e}\frac{e_s\mu}{b^3}\eta\left(\frac{b\omega}{c}\right)^2 < 0,1\,b\left(\text{avec } \omega = \frac{1}{\eta^{\frac{2}{3}}}\right), \qquad \text{d'où} \quad \eta^{\frac{1}{3}} > 5\frac{e_s\mu}{m_e b^2 c^2}.$$

Numériquement, pour $\mu = 10^{-18}$ u.e.m. et $b = 10^{-11}$ cm, on doit avoir $\eta > 8.10^3$. On peut exprimer ce résultat autrement, en cherchant l'épaisseur z d'écran matériel nécessaire pour assurer un choc électronique à la distance b : il suffit que $\eta^{1/3} > 2.10^{21}\mu z$; par exemple, la transparence aux particules M serait assurée dans une lame de 1^{mm} d'épaisseur et pour une énergie telle que $\eta > 8.10^6$ (si $\mu = 10^{-18}$).

Si maintenant nous considérons le cas d'un électron engagé dans une couche atomique, on est ramené aux conditions précédentes pour autant que la durée de traversée de la couche soit faible vis-à-vis de la période orbitale, condition aisément assurée.

II. On peut objecter au raisonnement *classique* précédent, que, lorsque la durée Δt devient aussi petite, l'impulsion prise par l'électron risque d'être indéterminée; on trouvera les limites d'application du calcul précédent en écrivant que la longueur d'action Δx, aussi bien que l'énergie E_r de recul de l'électron durant la demi-période $\Delta t/2$, doivent être supérieures aux incertitudes correspondantes, ce qui conduit à :

$$\frac{h}{\Delta t} \leqq \Delta E < E_r, \qquad \frac{h}{\Delta t} < \frac{e^2\mu^2\eta^{\frac{2}{3}}}{2\,m_e b^4 c^2}, \qquad \text{d'où} \quad \mu^2 > \frac{m_e b^3 c^3}{e^2}h, \qquad \mu^2 > 1,5.10^{-4}b^3,$$

$$\frac{2b}{\eta^{\frac{2}{3}}} > \Delta x \geqq \frac{h}{m_e v_e}, \qquad \text{d'où} \quad b > \frac{h}{2\,m_e v_e}\eta^{\frac{2}{3}}, \qquad \text{ou} \qquad b > 3.10^{-11}\eta^{\frac{2}{3}}.$$

Ainsi échapperait-on à l'indétermination, pour $\eta = 10^4$, sous les conditions : $\mu > 10^{-14}$ et $b > 1,3.10^{-8}$.

Dans le cas extrême où ces conditions ne seraient plus satisfaites, on trouverait la correspondance ondulatoire du choc en se représentant un mur de potentiel d'épaisseur $\Delta x = 2b\omega$, se déplaçant à la vitesse βc et heurtant le paquet d'ondes représentant l'électron autour de P. L'indice à l'intérieur du mur dépassant notablement l'unité, il devrait y avoir réflexion totale des ondes : mais l'épaisseur Δx de la barrière étant alors faible (comme il résulte de la relation d'incertitude $\Delta x = 2b\omega < h/mv$), devant la longueur d'onde moyenne du paquet d'ondes, le coefficient de réflexion sera infime, tout état de stationnarité étant exclu à l'intérieur de Δx. La probabilité de mise en mouvement de l'électron est donc petite, et l'on reviendrait à la conclusion précédente, d'une faible ionisation produite par une particule douée de spin quand η est très

grand. Il semble donc que pour une particule à spin, ultra-légère (neutrino, électrino), les conditions de traversée des écrans matériels seraient beaucoup facilitées par rapport à des particules à moment, mais non relativistes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Influence du* pH *dans le traitement des émulsions photographiques pour recherches nucléaires.* Note (*) de M. E. **Picciotto**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le pH joue un rôle important par son influence sur les propriétés de la gélatine et sur le processus de révélation.

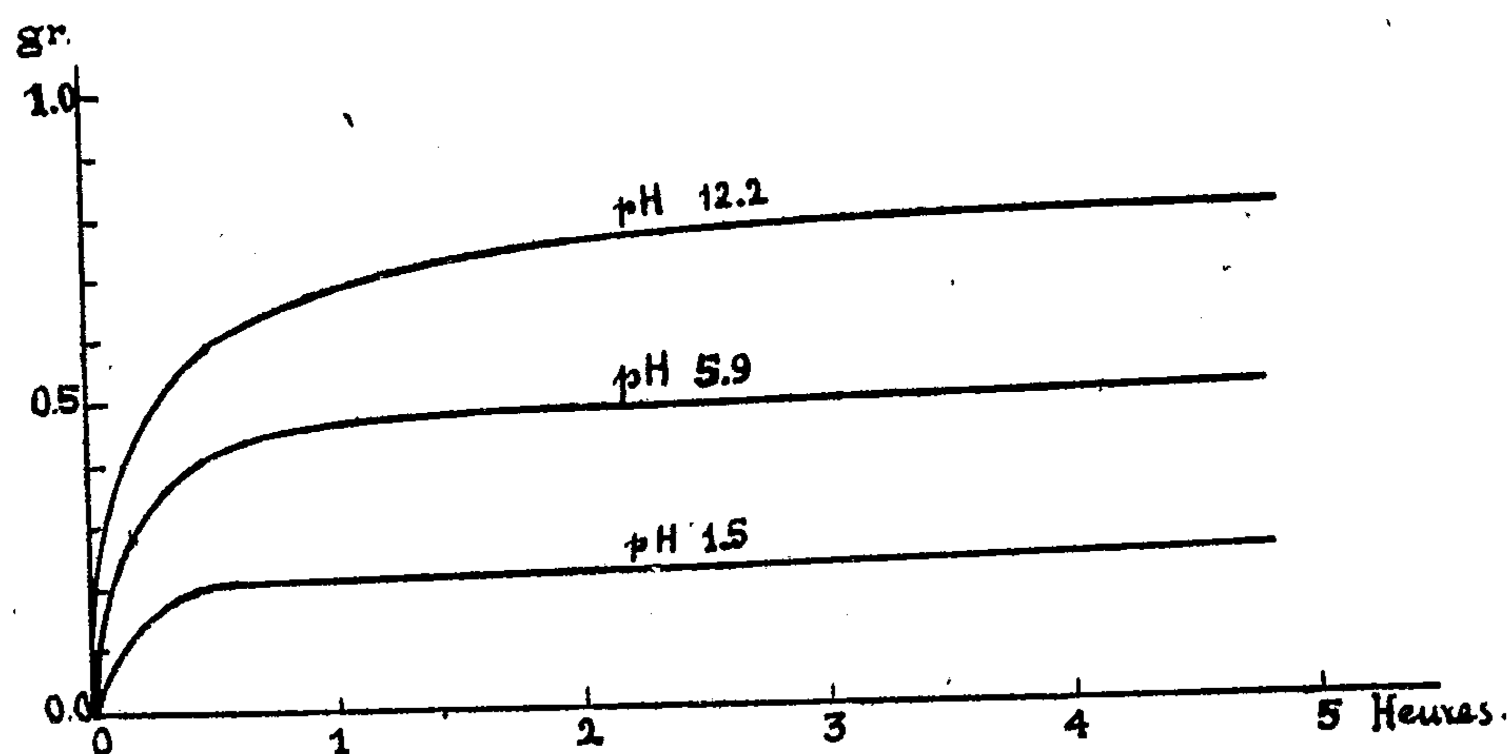
Le pH des émulsions dépend de la gélatine mais aussi des électrolytes incorporés pendant ou après la fabrication.

Nos essais portent sur les plaques Ilford.

Mesure du pH *des émulsions.* — $0^{cm^3},5$ d'émulsion sèche sont dissous à 50° dans 5^{cm^3} d'eau. Le pH est mesuré à 20° avec une électrode de verre. Les mesures sont stables et reproductibles à 0,02 unité de pH près. La dilution a peu d'importance grâce à l'effet tampon de la gélatine.

Nous avons obtenu les mêmes résultats à 0,3 unité près avec un papier indicateur appliqué sur la surface mouillée de l'émulsion.

Résultats. — Ilford C_2, pH de 5,90 à 6,30 suivant les séries; Ilford B_2, *Boron loaded*, pH 9,00. Cette alcalinité est due à l'hydrolyse du borax, forme sous laquelle le B a été introduit.



Gonflement. — Nous avons mesuré l'augmentation de poids et de volume des Ilford C_2 dans diverses solutions tampons. Les courbes varient avec la nature des solutions, mais montrent toutes un minimum d'absorption entre les pH 2 et 3 et une croissance presque linéaire du pH 6 au pH 12. Dans certains

(*) Séance du 3 janvier 1949.

cas, minimum secondaire vers le pH 4,5. Après cinq heures dans un tampon borate + NaOH M/10 de pH 12, une émulsion C_2 de 100^{μ} absorbe environ les 8/10 de son poids et triple de volume.

Vitesse d'absorption. — Les courbes représentent l'augmentation de poids de 1^g d'émulsion sèche en fonction du temps pour 3 pH différents (C_2 100^{μ} à 18° C.).

Ajustement du pH *de l'émulsion.* — Nous avons mesuré le pH de l'émulsion C_2 après immersion de 4 heures dans divers tampons. Entre les pH 4 et 10,5 le pH de l'émulsion s'équilibre avec celui de la solution. Au delà, l'effet tampon de la gélatine amortit l'influence de la solution.

Influence du pH *sur le développement.* — On sait qu'une augmentation de pH intensifie l'action des révélateurs organiques. Le réglage du pH est une excellente méthode pour obtenir toute une gamme d'intensités de développement avec un révélateur donné. [Application à la discrimination entre particules de pouvoir ionisant différent; Stevens (¹)].

L'imprégnation des émulsions avec des sels hydrolysables (citrate de Li., nitrate d'UO_2, nitrate ou sulfate de métaux lourds, etc.), peut provoquer des effets importants sur le développement. Nous en donnons comme exemple dans une prochaine Note les cas des plaques au bore et des plaques imprégnées au nitrate d'uranyle.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la systématique des noyaux lourds.* Note (*) de M. **André Broniewski**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Plusieurs auteurs et notamment M. Berthelot (¹) ont insisté sur la stabilité particulière du noyau du Pb 208 qui contient 82 protons et 126 neutrons. Nous pensons qu'on peut faire quelques remarques en considérant des noyaux caractérisés par certaines configurations simples de neutrons et de protons *extérieurs*, ajoutés au noyau condensé du Pb 208.

1° Dans la représentation neutron-proton, traçons une droite (*fig.* 1, droite *a*) qui passe par le noyau condensé et qui obéit à la relation $\Delta N = 2\Delta Z$. Considérons la portion de cette droite qui s'étend du côté des $Z \geqq 88$; trois noyaux s'y placent, de Z pair, le Ra, le Th et l'UI. Ces noyaux ont en commun plusieurs propriétés remarquables. Ils sont radioactifs α et ce sont ceux des isotopes du radium, du thorium et de l'uranium qui ont l'énergie de désintégration minima. Ils ont comme isotopes immédiatements adjacents des émet-

(¹) *Nature*, 162, 1948, p. 4118, 526; *Voir* aussi Broda, *Nature*, 1947, p. 4059, 231; *Journ. Sc. Inst.*, 24, 1947, p. 136.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

(¹) *Journal de Physique*, 8, 3e série, 1942, p. 2.

teurs β; les descendants de l'UI et du Th sont instables β. On est tenté d'attribuer ces caractéristiques communes à l'existence pour ces noyaux de la même configuration par rapport au Pb 208 exprimée par la relation $\Delta N = 2\Delta Z$. Cette configuration privilégiée, qui est la plus stable α est entiè-

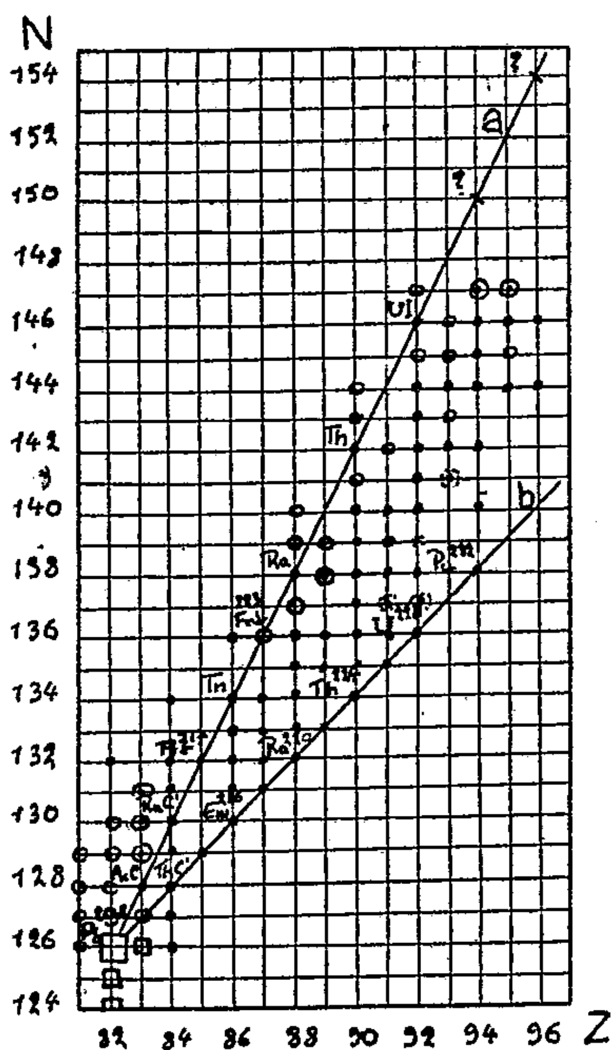


Fig. 1.

● noyaux émetteurs α.
○ noyaux émetteurs β.

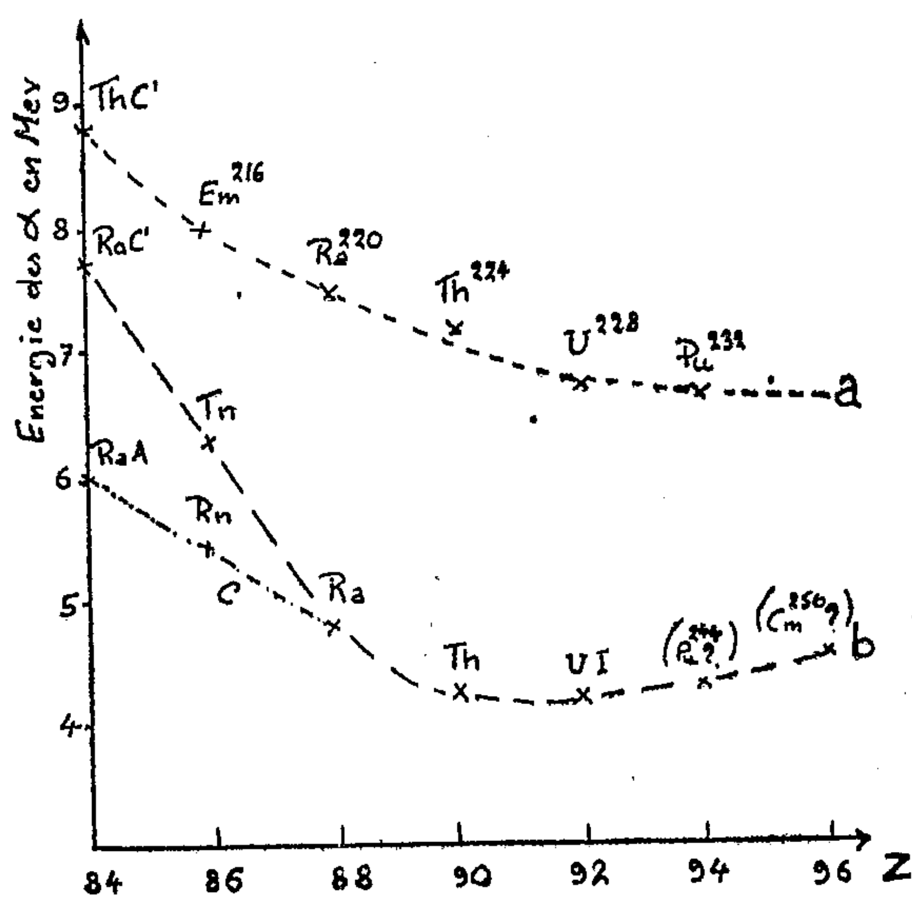


Fig. 2.

⊙ noyaux émetteurs α et β.
⊙ capture K et émission α.

rement stable β bien que le nombre de masse très élevé de ces noyaux laisserait prévoir pour eux une radioactivité β. Si l'effet de cette configuration continue à s'exercer pour les valeurs de $Z > 92$ on peut espérer obtenir des transuraniens, de Z pair, émetteurs α de faible énergie. Ce serait le Pu 244 et le Cm 250 (indiqués par des points d'interrogation sur la droite *a*, *fig.* 1).

2° Considérons la portion de droite *a* qui intéresse la région des $Z < 88$; elle passe par le Fr 223, Tn, At 217, RaC', AcC. On s'aperçoit qu'avec le Z décroissant à partir de 88, et pour les noyaux de Z pair, les conséquences impliquées par la configuration $\Delta N = 2\Delta Z$ s'atténuent. Tn n'est plus l'isotope de $Z = 86$ le plus stable α, mais c'est le Rn qui a deux neutrons de plus que lui qui l'est. Donc pour $Z = 86$ la configuration α la plus stable correspond à la relation $\Delta N = 2\Delta Z + 2$. On vérifie que pour $Z = 84$ c'est la configuration $\Delta N = 2\Delta Z + 4$ qui est la plus stable. Les courbes *b* et *c* de la figure 2 rendent compte de ces résultats relatifs aux énergies des particules α. La courbe *b* correspond aux énergies α des noyaux ou Z pair situés sur la droite $\Delta N = 2\Delta Z$; elle s'accorde à la courbe C qui passe par le Rn et le Ra A lesquels sont les isotopes de $Z = 86$ et de $Z = 84$ les plus stables α.

3° Grâce aux résultats récents (²) on peut envisager une configuration particulièrement simple de protons et de neutrons extérieurs. La droite *b* de la figure 1 passe par le noyau condensé et obéit à la relation $\Delta N = \Delta Z$. Elle passe par les noyaux de Pu 232, U 228, Th 224, Ra 220, Em 216 (et le ThC′ bien connu). Bien que l'incertitude subsiste sur l'énergie des α émis par ces noyaux, on peut dire qu'ils sont supérieurs à 6,6 MeV (*fig.* 2, courbe *a*). On voit donc que la configuration $\Delta N = \Delta Z$ correspond à un arrangement de nucléons extérieurs très instable. A noter l'écart sensiblement constant entre la courbe *a* et la courbe *c* prolongée par *b* (pour $Z > 88$) d'environ 3 MeV. Tous les autres émetteurs α connus actuellement se situent dans la bande délimitée par ces deux courbes.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'activité des inclusions radioactives contenues dans les roches éruptives.* Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'examen de la radioactivité des roches par la plaque photographique montre que les rayons α sont émis par des inclusions (¹) dont nous avons voulu évaluer la teneur en uranium-thorium.

On sait que dans un corps radioactif, le nombre N des rayons α émis par centimètre carré et par seconde est (²)

$$N = 3.10\, C_U\, d K (33 - 8,3 p) + 10^3 C_{Th}\, d K (28,7 - 6 p),$$

C_U et C_{Th} étant les concentrations en uranium et en thorium, *d*, la densité de la matière examinée, *p*, le parcours minimum des rayons, observable sur la plaque (en centimètres d'air), K, le rapport entre les parcours d'un rayon dans le corps et dans l'air. $K = [0,85.10^{-4}/d\Sigma(cS/A)]$ (avec : S, pouvoir d'arrêt, *c*, concentration et A, poids atomique des constituants du corps).

Nous posons $K' = [0,85/\Sigma(cS/A)]$ et nous admettons qu'avec les instruments utilisés $p = 3\,\mu$, soit 6^{mm} d'air, d'où $N = 8,4\, C_U K' + 2,5\, C_{Th} K'$.

Si nous prenons pour rapport des concentrations C_U et C_{Th} celui généralement observé dans les roches éruptives (et que nous avons grossièrement vérifié par la mesure des longueurs des trajectoires). Soit $C_{Th} = 2,5\, C_U$, il vient $\mathcal{N} = 14,6\, K' C_U$; K′ varie avec la nature du corps; de l'ordre de 14 pour le granit, il augmente progressivement avec la teneur en uranium et en thorium jusqu'à 31 environ pour l'oxyde d'urane et la thorite.

La connaissance du nombre de rayons α émis d'une surface connue pendant

(²) *Phys. Rev.*, **74**, 11ᵉ série, 1948, p. 1730.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

(¹) A. Hée, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 356.

(²) Mᵐᵉ I. Curie, *J. de Phys.*, novembre 1946.

un certain temps permet l'évaluation de la teneur en corps radioactif de l'émetteur.

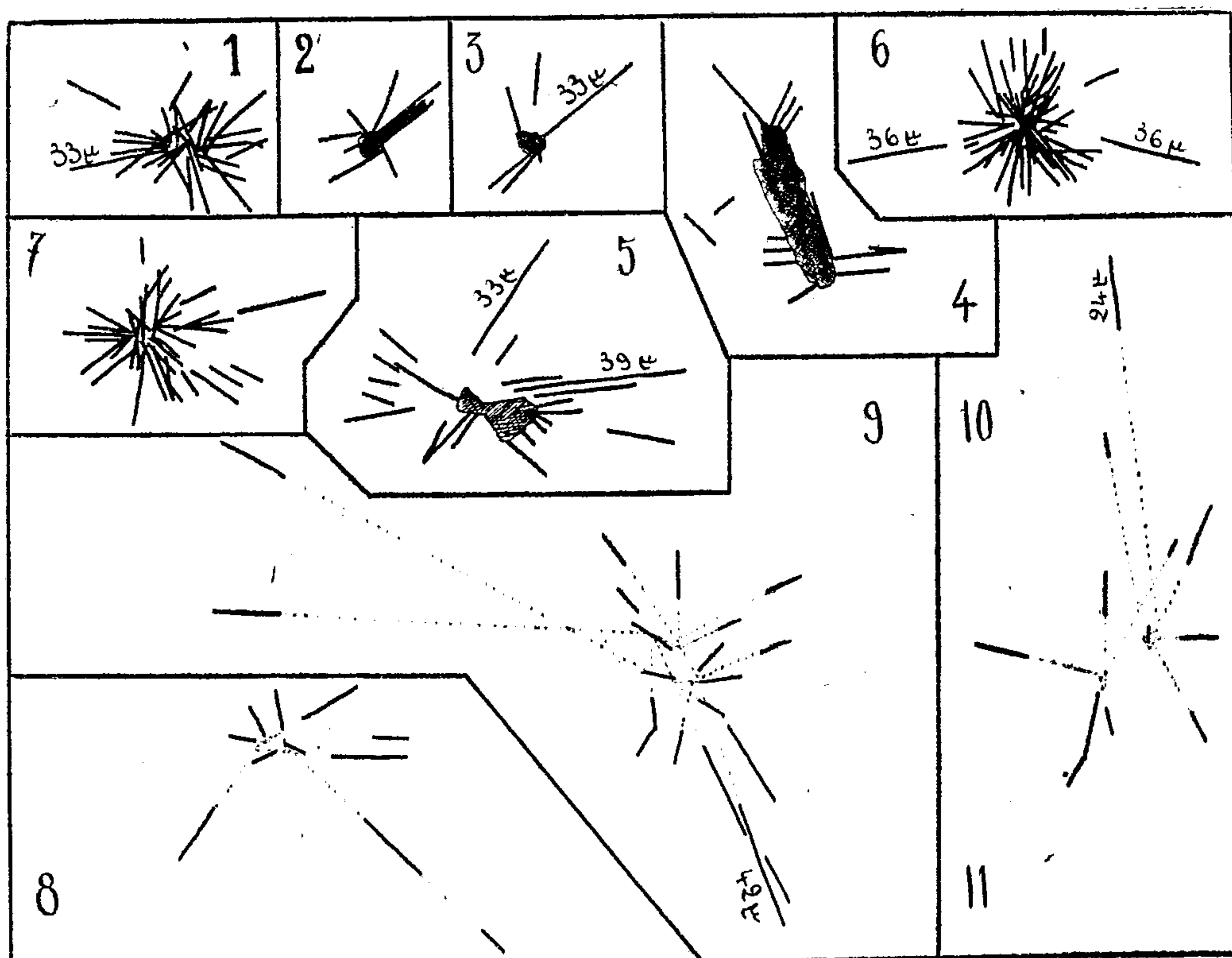
Diverses roches éruptives pulvérisées ont été placées pendant un temps variant de 7 à 18 jours sur des plaques Ilford C_2. Après développement, l'examen au microscope montre un nombre très grand d'inclusions radioactives.

La mesure de leur teneur en uranium et thorium peut se faire avec une assez bonne approximation lorsque le grain reste incrusté sur la surface de l'émulsion.

Les trajectoires sont alors souvent concourantes et partent d'une petite surface nettement définie. Sept photographies se présentant ainsi donnent les résultats suivants :

TABLEAU. — *On admet* $C_{th}/C_u = 2,5$.

Fig.	Origine.	Temps de pose (j).	Nombre de trajectoires.	Surface d'émission (μ^2).	N (cm²/sec).	C_u (%).	C_{th} (%).	Approximation (%).
1	Sable granitique La Trinité sur-mer (Morbihan).	9	36	93	50	14	35	20
2		9	10	50	26	7	18	20
3		9	6	33	24	7	18	20
4		9	15	240	8	2	5	> 50
5	Micaschiste Quiberon (Morbihan)	7	24	90	52	14	35	20
6		18	51	63	52	14	35	20
7		18	38	46	53	14	35	20



Les photographies montrant l'inclusion au contact de l'émulsion sont rares (quelques unités par mille). Le plus souvent l'inclusion est séparée de la plaque par une mince couche d'air et les trajectoires rayonnent en partant d'une surface non impressionnée ou impressionnée seulement par quelques rayons presque perpendiculaires à l'émulsion.

Il est encore souvent possible, en prolongeant les trajectoires les plus voisines de la source, de déterminer approximativement la surface de cette source. On ne peut tenir compte des trajectoires éloignées en raison de la distorsion dans l'air. L'appréciation de la surface introduit ici une erreur assez grande. En ne mesurant que la projection de cette surface on commet une erreur par défaut qui se trouve peut-être compensée par l'excès donné par la distorsion. Les mesures faites dans un certain nombre de cas ont donné des résultats du même ordre que les précédents, avec une approximation d'environ 50 % sur chaque mesure (*fig.* 8, 9, 10, 11).

Le plus souvent encore la plaque est couverte de trajectoires orientées en tous sens, donnant l'impression d'une répartition uniforme correspondant à une faible concentration. Or, dans tous les cas examinés, il nous a été possible, en prolongeant les trajectoires, de voir qu'elles étaient issues de quelques petites surfaces. Les mesures ne peuvent être précises, mais les calculs montrent que l'activité de ces inclusions sont du même ordre de grandeur que celles des précédentes.

En conclusion les inclusions continues dans les roches examinées ont une *concentration en matière radioactive élevée*, de l'ordre de 10 % d'uranium et 20 à 25 % de thorium. Il faut tenir compte de ce fait dans l'évaluation du coefficient d'absorption.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur l'absorption des particules des grandes gerbes de l'air du rayonnement cosmique.* Note (*) de MM. **Pierre Auger, Jean Daudin, André Fréon** et **Roland Maze**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. Quand on étudie, au moyen de compteurs sous écrans de plomb, le pouvoir pénétrant des particules des gerbes de rayons cosmiques, l'emploi d'écrans épais favorise l'enregistrement des condensations de rayons de grande énergie dont le pouvoir pénétrant apparent est plus élevé que celui des particules individuelles.

2. Divers auteurs (1), (2), (3) ont établi une loi empirique donnant le nombre N des gerbes en fonction de leur densité d : $N = N_0(h)\,d^{-\gamma}$; $N_0(h)$ et γ dépendent

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) Auger et Daudin, *J. de Physique*, 6, 1945, p. 233.

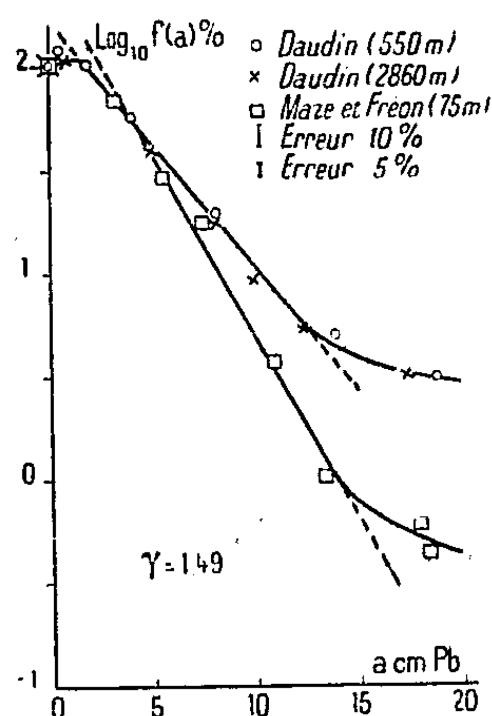
(2) Coccini, Loverdo and Tongiorgi, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 841, 846 et 852.

(3) Daudin, *Annales de Physique*, 20, 1945, p. 563.

de l'altitude h du point d'observation; à une altitude donnée, γ dépend peu de la densité, au niveau de la mer, il est voisin de 1,5. On peut alors calculer (Daudin) le nombre N_p des coïncidences $p^{\text{ièmes}}$ entre p compteurs de surfaces $S_1, S_2, \ldots, S_p$

$$N_p - N_0(h)\frac{(1-\gamma)!}{\gamma(\gamma-1)\delta}\sum_{i=1}^{i=p}(-1)^i C_p^i S_i^\gamma,$$

C_p^i étant le nombre des combinaisons d'ordre i de p objets. Si $f(a)$ est la fraction du nombre des particules incidentes capables de traverser un écran d'épaisseur a placé sur un compteur et d'atteindre celui-ci, soit directement, soit par effets secondaires, tout se passe comme si le compteur sous écran était remplacé par un compteur nu, de surface $1/f(a)$ fois plus petite ([3]). On peut envisager deux méthodes de mesure du coefficient d'absorption des particules des grandes gerbes : 1° un compteur sous plomb de petite surface s en coïncidence avec deux groupes de compteurs nus de grande surface S_1 et S_2. Les gerbes enregistrées couvrent un vaste domaine de densités et celles qui saturent le petit compteur sous écran (condensations de rayons de grande énergie) sont noyées dans ce nombre de gerbes peu denses. Le comptage est sensiblement proportionnel à la surface apparente du petit compteur sous écran. On mesure alors directement le coefficient d'absorption *vrai* des particules incidentes; 2° on recouvre d'écrans de plomb d'épaisseur a, p compteurs de même surface en coïncidences. Le comptage observé variera alors comme $[Sf(a)]^\gamma$. Le coefficient d'absorption ainsi mesuré sera donc γ fois plus grand que celui donné par la première méthode.



3. L'un de nous (Daudin) a employé la première méthode aux altitudes de 550^m (Bagnères de Bigorre) et 2860^m (Pic du Midi). La figure donne $\text{Log}_{10} f(a)$ en fonction de a. La courbe est la même pour les deux altitudes, entre 2 et 12^cm de plomb, les points (erreurs probables allant de 5 à 10 %) se placent sur une droite correspondant à un coefficient d'absorption constant

de 1/41 $g^{-1}.cm^2$. La deuxième méthode a été utilisée à l'altitude de 75^m, École Normale Supérieure, Paris (Maze et Fréon). Les points s'alignent bien entre 3,2 et $13^{cm},5$ de plomb sur une droite. Le rapport des pentes de deux droites est 1,48, donc très voisin de γ ainsi que prévu.

4. De l'accord de ces deux résultats, obtenus par des méthodes et dans des conditions expérimentales différentes, on déduit que les hypothèses formulées pour l'application de la méthode indirecte sont justifiées et que la valeur du parcours moyen des particules de gerbes entre 2 et 13^{cm} de plomb est de 41 ± 3 g/cm². Le coefficient d'absorption correspondant ($0,024 \pm 0,002$ cm²/g) est bien intermédiaire entre celui des électrons (0,042 d'après Arley) et celui des mésons μ(0,001).

Une telle courbe d'absorption, assez bien définie, doit pouvoir servir de base aux calculs. Impossible dans la forme actuelle de la théorie des cascades photoélectroniques pures, son interprétation demande l'intervention même aux pénétrations moyennes de particules intermédiaires nouvelles [telles que les mésons λ (4) (5)], particules dont l'existence paraît d'ailleurs exigée par différents effets [Janossy, Daudin (6), Cowan (7)]. Si une modification de la théorie photoélectronique permettait l'interprétation du coefficient d'absorption aux pénétrations moyennes (3 à 13^{cm} de plomb) l'intervention des particules nouvelles serait reculée vers les plus grandes pénétrations.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation de la réfraction moléculaire en fonction de la température. Application au cas des benzothiazoles alcoylés en 2.* Note (*) de MM. **Jacques Metzger** et **Claude Cherrier**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'un de nous poursuivant une étude systématique de la variation de la réfraction moléculaire en fonction de la température en vue d'élucider certains problèmes de structure en chimie aromatique (1), nous avons appliqué cette méthode d'investigation à quelques benzothiazoles substitués en position 2. Nous relatons ci-dessous les résultats concernant les méthyl-2 et éthyl-2, benzothiazoles tous deux susceptibles de se présenter sous forme de mélange en équilibre tautomère; nous y avons joint les résultats de l'étude du benzothiazole et de l'α-picoline : le premier de ces deux composés devant servir à évaluer

(4) Auger et Coll., *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 169 et 569.
(5) Daudin, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 484.
(6) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1094.
(7) *Science*, **108**, 1948, p. 534.

(*) Séance du 7 juin 1948.
(1) J. Metzger, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 57; *C. R. du XIe Congrès International de Chimie Pure et Appliquée de Londres*, juillet 1947 (sous-presse).

t°.	d^t_4.	R_C.	R_D.	R_e.	R_F.	R_g.	E_C.	E_D.	E_e.	E_F.	E_g.
					1° *Benzothiazole :*						
20,0...	1,2435	38,94	39,30	39,63	40,26	41,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0...	1,2340	38,96	39,34	39,67	40,31	41,14	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05
40,0...	1,2245	38,99	39,38	39,71	40,36	41,20	0,05	0,08	0,08	0,10	0,11
50,0...	1,2150	39,03	39,42	39,76	40,41	41,26	0,09	0,12	0,13	0,15	0,17
60,0...	1,2006	39,07	39,46	39,82	40,47	41,32	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
70,0...	1,1996	39,12	39,51	39,88	40,54	41,39	0,18	0,21	0,25	0,28	0,30
80,0...	1,1869	39,18	39,56	39,94	40,61	41,45	0,24	0,26	0,31	0,35	0,36
					2° *Méthylbenzothiazole :*						
20,0...	1,1752	44,06	44,47	44,84	45,54	46,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0...	1,1662	44,10	44,51	44,87	45,57	46,49	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
40,0...	1,1580	44,13	44,55	44,90	45,64	46,53	0,07	0,08	0,06	0,10	0,08
50,0...	1,1492	44,20	44,62	44,98	45,69	46,61	0,14	0,15	0,14	0,15	0,16
60,0...	1,1400	44,28	44,68	45,08	45,79	46,71	0,22	0,21	0,24	0,25	0,26
70,0...	1,1309	44,36	44,75	45,16	45,88	46,81	0,30	0,28	0,32	0,34	0,36
80,0...	1,1214	44,45	44,83	45,22	45,95	46,89	0,39	0,36	0,38	0,41	0,44
					3° *Éthylbenzothiazole :*						
20,0...	1,1408	48,75	49,18	49,57	50,32	51,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0...	1,1318	48,77	49,21	49,63	50,36	51,31	0,02	0,03	0,06	0,04	0,04
40,0...	1,1229	48,83	49,27	49,68	50,42	51,38	0,08	0,09	0,11	0,10	0,11
50,0...	1,1141	48,94	49,38	49,78	50,53	51,50	0,19	0,20	0,21	0,21	0,23
60,0...	1,1051	48,99	49,45	49,83	50,61	51,58	0,24	0,27	0,26	0,29	0,31
70,0...	1,0964	49,05	49,50	49,89	50,66	51,64	0,30	0,32	0,32	0,34	0,37
80,0...	1,0875	49,11	49,58	49,98	50,74	51,74	0,36	0,40	0,41	0,42	0,47
					4° *α-Picoline :*						
20,0...	0,9471	28,71	28,95	29,12	29,49	29,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0...	0,9378	28,75	28,97	29,14	29,51	29,98	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
40,0...	0,9383	28,76	28,99	29,18	29,55	30,01	0,05	0,04	0,06	0,06	0,06
50,0...	0,9188	28,81	29,03	29,22	29,62	30,08	0,10	0,08	0,10	0,13	0,13
60,0...	0,9092	28,89	29,10	29,28	29,68	30,16	0,18	0,15	0,16	0,19	0,21
70,0...	0,8994	29,20	29,44	29,55	29,94	30,50	0,49	0,49	0,43	0,45	0,55

le coefficient de température des indices et des densités des dérivés alcoylés en vue de l'établissement des équations $R_{\text{théo}}(t)$ selon la méthode préconisée en (¹); le second étant destiné à mettre en relief la validité et la sensibilité de la méthode, la tautomérie de l'α-picoline ayant été démontrée expérimentalement par voie purement chimique (²). Nous ne donnerons ici que les résultats des mesures, nous réservant de les interpréter aussi quantitativement que possible dans une Note d'ensemble englobant de nombreux cas différents. L'un de nous a déjà publié les résultats de l'étude du dérivé méthylé, cette substance ayant

(²) A. E. Tchitchibabine, *Ber.*, 60, 1927, p. 1607.

été examinée réfractométriquement aussitôt après avoir été distillée, nous avons pensé qu'il serait intéressant de reprendre ces mesures sur un échantillon distillé depuis plusieurs mois et conservé en tube scellé sous vide; de plus, et pour confirmer les précédents résultats, nos mesures sur ce composé ont été effectuées dans l'ordre inverse des températures, c'est-à-dire au refroidissement. Nous renvoyons pour le détail des notations et de la technique expérimentale à des mémoires antérieurs ([2]), ([3]) et ([4]). Précision des mesures : l'erreur relative sur les densités est de 0,05 %, celle sur les réfractions moléculaires de 0,1 %. Nous donnons pour chaque température et pour chaque longueur d'onde les exaltations thermiques moléculaires observées (E_λ).

Comme on peut le constater à la lecture de ces tableaux, le benzothiazole a le comportement d'un corps pur. Le dérivé méthylé, quoique manifestant moins d'irrégularités que lors des précédentes mesures, se présente comme un mélange contenant presque exclusivement l'un des constituants (vraisemblablement la forme classique possédant un azote tertiaire, comme le laisse présumer la coïncidence presque parfaite avec la valeur théorique de R à 20°). Le dérivé éthylé donne une variation tout à fait comparable à celle du dérivé méthylé. La picoline, enfin, présente une courbe caractéristique, par sa cassure aux environs de 60°, d'une substance non physiquement pure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres Raman de mélanges d'alcools et de pyridine.* Note (*) de Mlle **Simone Hatem**, Mme **Suzanne Valladas-Dubois** et M. **Henri Volkringer**, présentée par M. Paul Pascal.

Des travaux antérieurs ([1]), ([2]) ont mis en évidence la formation du composé 1 M alcool + 1 M amine. Nous avons entrepris l'étude du spectre Raman des mélanges alcool-pyridine, en vue de vérifier l'existence d'un composé moléculaire et de déterminer si possible la nature de la liaison qui l'engendre.

En opérant sur des corps exempts d'eau et aussi purs que possible, nous avons pris les spectres d'une gamme de sept mélanges et des corps purs.

Dans le spectre Raman des mélanges, on retrouve toutes les raies des corps purs. De plus, nous avons fait les observations suivantes.

Le spectre de l'éthanol demeure inchangé, tandis que l'on constate une modification du spectre de la pyridine en présence d'éthanol. En prenant

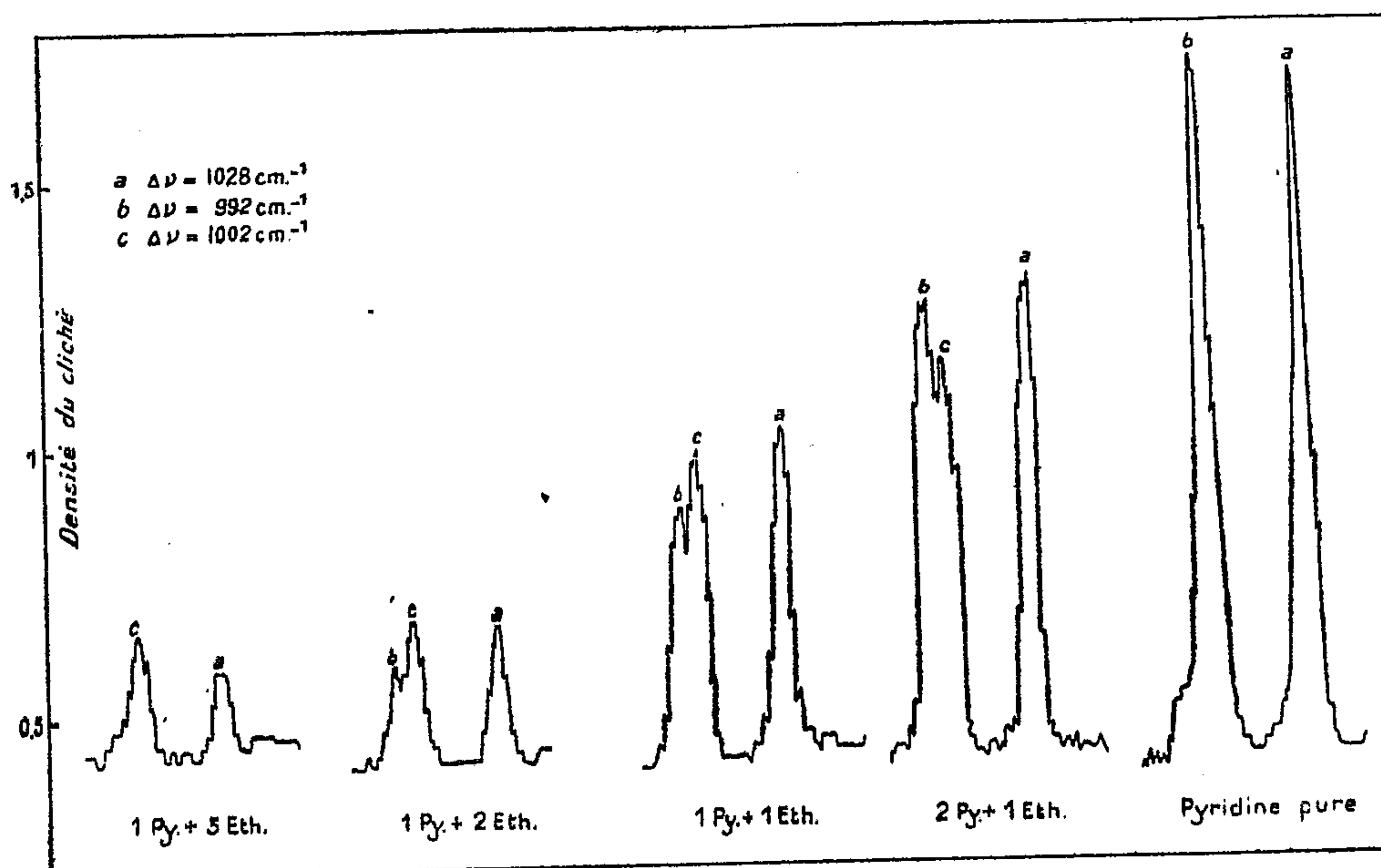
---

([3]) C. Cherrier et J. Metzger, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 797.
([4]) J. Metzger et C. Cherrier, *ibid.*, p. 898.

(*) Séance du 3 janvier 1949.
([1]) S. Hatem, *Thèse*, 1947.
([2]) S. Hatem, S. Valladas-Dubois, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 75.

comme raies excitatrices les raies 4046,6 et 4077,8 Å de l'arc au mercure, on constate que : 1° La raie $\Delta\nu = 3054\,cm^{-1}$ qui correspond à la vibration C — H se déplace très légèrement vers le rouge. 2° La raie $\Delta\nu = 1581\,cm^{-1}$ qui correspond à la vibration C = N se déplace vers le rouge de $10\,cm^{-1}$ environ. 3° Une nouvelle raie $\Delta\nu = 1002\,cm^{-1}$ apparaît; quand la concentration de la pyridine décroît, l'intensité de la raie $\Delta\nu = 992\,cm^{-1}$, qui correspond à la vibration du noyau pyridine diminue, tandis que celle de la raie nouvelle $\Delta\nu = 1002\,cm^{-1}$ augmente et, dans les mélanges très pauvres en pyridine, où l'on peut considérer que toutes les molécules de pyridine sont complexées, seule cette dernière subsiste.

Or la raie $\Delta\nu = 992\,cm^{-1}$ est très intense dans la pyridine pure et cette dernière perturbation peut être décelée avec précision.



La figure ci-dessus donne une partie des enregistrements microphotométriques représentant les densités du cliché pour les raies $a = 1028\,cm^{-1}$, $b = 992\,cm^{-1}$ de la pyridine dans les différents mélanges éthanol-pyridine. On voit apparaître la raie $c = 1002\,cm^{-1}$ qui est déjà très nettement visible pour le mélange 1 M éthanol + 2 M pyridine. Elle est plus forte que la raie $b = 992\,cm^{-1}$ à partir du mélange 1 M éthanol + 1 M pyridine.

La raie *b* a pratiquement disparu pour le mélange 5 M éthanol + 1 M pyridine.

Nous avons également étudié le mélange 1 M méthanol + 1 M pyridine et nous avons observé les mêmes phénomènes que précédemment. En particulier, il apparaît une raie plus nouvelle, intense pour $\Delta\nu = 1002\,cm^{-1}$ environ. Il est donc logique, ici encore, de penser qu'il y a association moléculaire bien que les anomalies observées dans les mesures de susceptibilité magnétique (I) pour

le mélange éthanol-pyridine n'aient pas été observées pour le mélange méthanol-pyridine. Cette contradiction apparente peut être due au fait que le méthanol est un corps très associé. La formation d'un composé alcool-amine amène à nouveau l'hypothèse d'une liaison hydrogène (I).

L'alourdissement de la molécule explique les déplacements vers le rouge des raies $\Delta\nu = 3054$ cm^{-1} et $\Delta\nu = 1581$ cm^{-1} et la modification de la pulsation du noyau, d'où apparition de la raie du complexe $\Delta\nu = 1002$ cm^{-1}. Cette interprétation est confirmée par l'étude du spectre Raman du mélange 1M oxyde d'isopropyle + 1M pyridine pour lequel il n'existe ni modification du spectre Raman, ni anomalie des susceptibilités magnétiques (I).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique et catalyse de la réaction* $SO_4Ca + CO_3Na_2 \rightleftharpoons CO_3Ca + SO_4Na_2$ *en solution aqueuse.* Note (*) de MM. **Robert Stumper** et **Frédéric Classen**, présentée par M. Louis Hackspill.

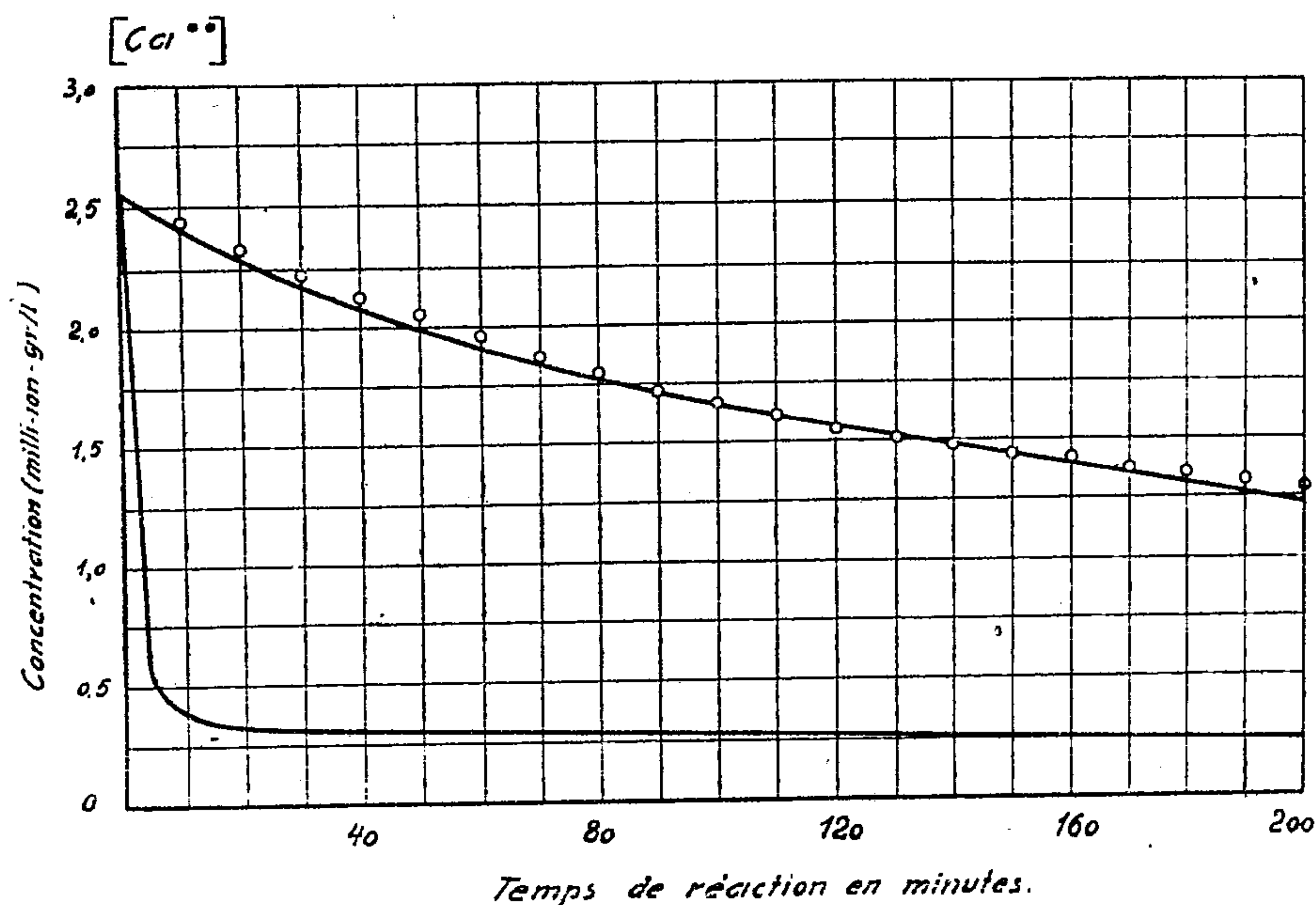
Pour compléter nos recherches ([1]) sur les réactions d'épuration de l'eau par les procédés de précipitation, nous avons étudié la progression simple et activée du système réactionnel $CaSO_4 + Na_2CO_3$, aux concentrations initiales en $Ca^{\cdot\cdot}$ variant entre 1,5 et 5 m-ion g/l, à la température de 20°C., et en suivant la précipitation de $CaCO_3$ par le dosage titrimétrique du $Ca^{\cdot\cdot}$ restant dans des prises successives. Alors que l'élimination de la dureté temporaire $[=Ca(HCO_3)_2]$ par la chaux ou la soude correspond à une réaction tri-ionique respectivement du 3e ordre, la réaction hétérogène de $CaSO_4 + Na_2CO_3$, qui constitue la réaction principale de l'élimination de la dureté permanente, s'est révélée du 2e ordre, du moins dans certaines limites de concentration. Les preuves expérimentales en sont les suivantes : 1° constance du coefficient cinétique k_2. Pour la solution à 2,53 m-ion g/l, nous avons trouvé $k_2 = 0,00208$ (avec les extrêmes 0,00200 et 0,00216), alors que les coefficients des ordres 1 à 2 variaient très fortement et présentaient des allures nettement accusées; 2° la méthode différentielle donnait comme valeur moyenne de l'ordre $n = 2,11$; 3° la méthode des demi-réactions fournissait l'ordre moyen $n = 2,01$.

Comme il fallait s'y attendre, l'addition de carbonate de calcium, agissant comme germes de la précipitation, accéléra considérablement la réaction globale. Ainsi, la vitesse de réaction du système à 2,53 m-ion g/l de $Ca^{\cdot\cdot}$ initial fut accélérée 109,6 fois par une addition de 1 g/l de $CaCO_3$; alors que pour le système plus concentré à 4,95 m-ion g/l de $Ca^{\cdot\cdot}$ initial, le taux d'accélération, par la même addition, tomba à 76,7.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 266; *Chim. Ind.*, **32**, 1934, p. 1023; *Bull. Soc. chim. Belg.*, **44**, 1935, p. 176; *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1222; *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 83.

Le diagramme ci-contre montre la progression de la réaction étudiée par la concentration initiale de 2,53 m-ion g/l. La ligne supérieure correspond à la courbe théorique, calculée avec $k_2 = 0,00208$; les petits cercles, représentant les valeurs expérimentales, épousent très étroitement la courbe théorique. La



courbe inférieure montre la progression de la réaction activée par l'addition de 1 g/l de carbonate de calcium. Il en résulte que la réaction étudiée suit la loi cinétique

$$\frac{d[\mathrm{Ca}^{\cdot\cdot}]}{dt} = k_2[\mathrm{Ca}^{\cdot\cdot}]^2 \text{ resp } \frac{d[\mathrm{Ca}]^{\cdot\cdot}}{dt} = k_2[\mathrm{Ca}]^{\cdot\cdot}[\mathrm{CO}]_3''.$$

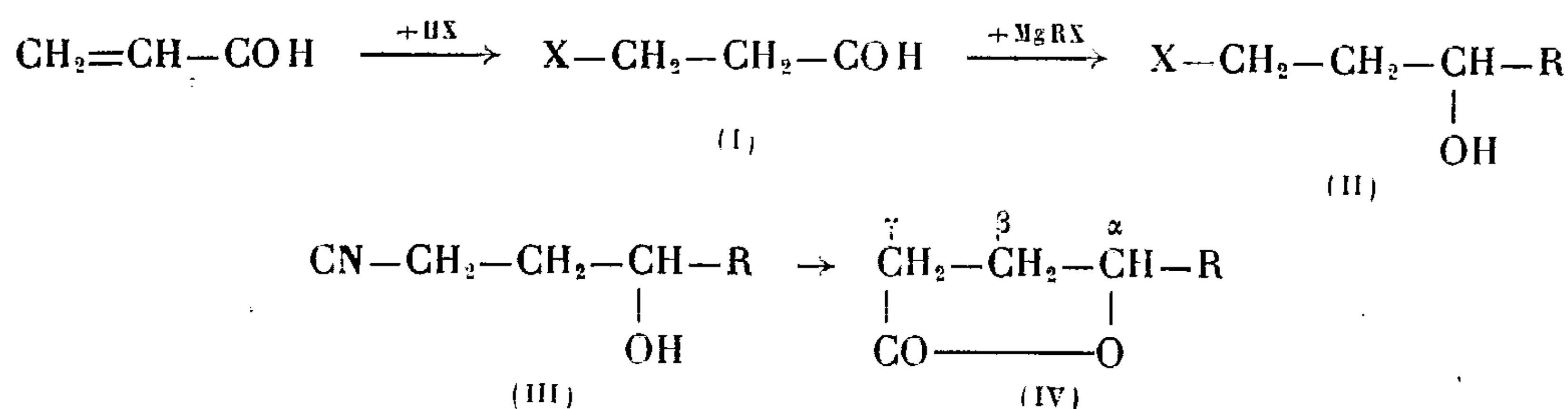
Cette relation n'est cependant strictement valable que pour les concentrations initiales comprises entre 1,5 à 3 m-ion g/l Ca$^{\cdot\cdot}$. Aux concentrations inférieures, la période d'induction provoque une perturbation ralentissante, alors qu'aux concentrations supérieures, la précipitation s'amorce rapidement dès le début et fait apparaître deux périodes assez distinctes de la progression. L'effet activateur du carbonate de calcium diminue considérablement avec l'augmentation de la concentration initiale en Ca$^{\cdot\cdot}$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de synthèse des γ et δ lactones.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les lactones présentent un intérêt particulier tant au point de vue technique que scientifique; elles se trouvent en effet parmi les constituants de nombreuses essences végétales qui leur sont redevables de leurs odeurs, d'autre part elles se prêtent à de multiples synthèses.

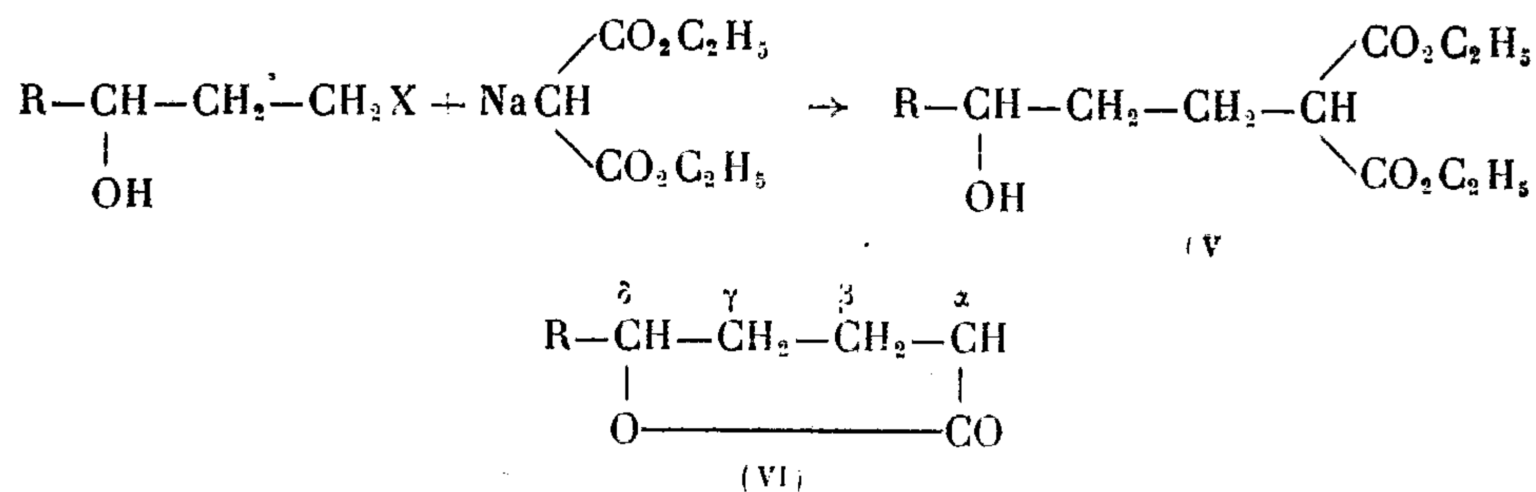
J'expose ici une méthode générale de synthèse des γ et δ lactones qui permet de les préparer économiquement et avec de bons rendements en utilisant l'acroléine et les chlorures ou bromures alcooliques, comme matières premières.

Dans une première phase on combine l'acroléine avec un hydracide HX(X = Cl ou Br), ce qui donne de l'aldéhyde propionique β halogéné I. On fait ensuite réagir sur cet aldéhyde un dérivé organomagnésien RMgX, ce qui permet d'obtenir un alcool secondaire β halogéné de formule générale II, suivant une réaction publiée par M. E. Fourneau et M[me] P. Ramart-Lucas ([1])



Ce dérivé halogéné est ensuite transformé en le nitrile correspondant de formule (III) par l'action convenable d'un cyanure, de préférence le cyanure cuivreux, et ce nitrile est enfin saponifié soit par l'action de l'acide sulfurique dilué, soit par une solution de soude. Dans le premier cas on obtient directement la lactone de formule (IV), dans le second une solution du sel alcalin d'un acide γ-hydroxy qui donne de même la γ-lactone (IV) lorsqu'on libère cet acide par un acide minéral.

D'autre part, en condensant les alcools secondaires β-halogénés de formule (II) avec l'ester malonique sodé suivant la technique classique, on obtient un ester malonique substitué de formule générale (V)



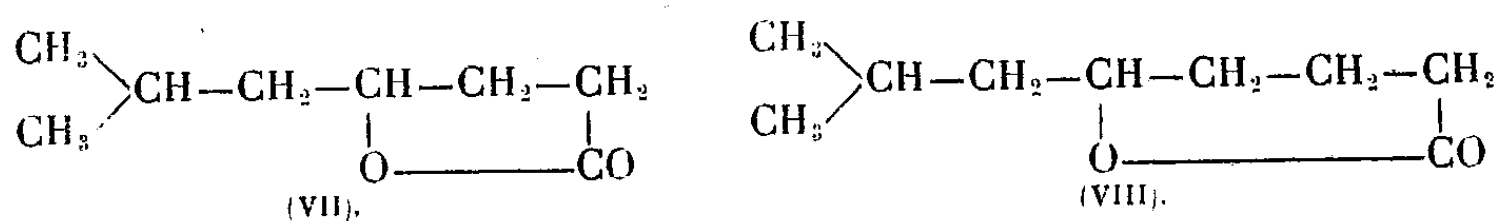
Ce dernier donne par saponification alcaline l'acide malonique correspondant peu stable, se décomposant avec perte d'anhydride carbonique et formation de la lactone δ de formule générale (VI).

Toutes ces réactions sont des plus aisées et se font avec des rendements

([1]) *Bull. Soc. Chim. de France*, (4), 25, 1919 p. 366.

élevés avec des radicaux R les plus variés pourvu qu'ils soient susceptibles de donner les organomagnésiens correspondants. C'est ainsi qu'elles ont été réalisées avec les radicaux nC_4H_9, iC_4H_9, $C_6H_5{-}CH_2$, le cyclohexyl.

Le bromure d'isobutyle donne l'isobutylbutyrolactone (VII) et l'isobutylvalérolactone (VIII) liquides à odeurs agréables distillant respectivement à 121-122° et 134-135° sous 12mm



Un mémoire détaillé sera publié ultérieurement

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Signification de la dimension cristalline mesurée d'après la largeur de raie Debye-Scherrer.* Note de M. **Félix Bertaut**, présentée par M. Charles Mauguin.

La largeur intégrale B d'une raie de diffraction Debye-Scherrer, définie d'après von Laue [1] par le quotient de l'intensité intégrale sur l'intensité au maximum, détermine un domaine angulaire moyen de diffusion (1) qui, lorsque l'unique raison de la largeur de raie est la forme finie des cristallites, peut être relié à la *dimension linéaire apparente* Ld par la formule (2)

$$B=\int \frac{I(x)\,dx}{I_{max}}, \tag{1}$$

$$B=\frac{\lambda}{Ld\cos\Theta_0}. \tag{2}$$

Ici λ est la longueur d'onde, Θ_0 l'angle de Bragg du plan réflecteur (hkl) et d sa distance réticulaire. Différents auteurs [1] se sont attachés à relier le paramètre L à une *forme particulière* des cristallites. Or, celle-ci ne peut être mise en évidence que dans le cas extrême d'anisotropies de forme marquées (plaquettes, bâtonnets), encore faut-il que cette anisotropie existe par rapport à la maille. Dans cette Note je me suis efforcé de dégager *le sens statistique* du paramètre L qui est *indépendant de toute hypothèse sur la forme des cristallites.* La marche des calculs est la suivante : L'amplitude de diffraction d'un cristal unique est donnée par (3) où F est le facteur de structure, $\vec{s}$ et $\vec{s}_0$ sont les vecteurs unité suivant les rayons incidents et diffractés, les m_j sont les coor-

(1) M. von Laue, *Ztschr. für Krist.*, 64, 1926, p. 125; B. E. Warren, *Ibid.*, 99, 1938, p. 448; A. L. Patterson, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 972.

données des centres des mailles ([2]), rapportées aux translations $\vec{a}_j$ $(j = 1, 2, 3)$

$$G = \int F \exp\left[2\pi i \sum_j m_j \vec{a}_j \frac{\vec{s} - \vec{s}_0}{\lambda}\right] dm_1\, dm_2\, dm_3. \tag{3}$$

En envisageant toutes les orientations possibles du cristal par rapport au vecteur de diffusion $\vec{s} - \vec{s}_0$, maintenu fixe, l'on obtient l'expression (4) de l'intensité. Ici A est l'aire définie par v/d où v est le volume d'une maille, $x = 2(\Theta - \Theta_0)$ repère l'abscisse de la raie de diffraction à partir du maximum de Bragg, enfin $\mathcal{M}$ est le diamètre du cristal, exprimé en équidistances d et perpendiculaire à l'élément d'aire $dm_1\, dm_2$ du plan réflecteur (hkl). La forme de (4) permet d'énoncer que *dans la méthode de Debye-Scherrer un cristal est équivalent à une répartition de réseaux linéaires perpendiculaires au plan réflec-*

$$I = |\mathcal{G}|^2 = \frac{\lambda^2 |F|^2}{16\pi A \sin^2\Theta} \int \frac{\sin^2 \dfrac{\pi \mathcal{M} x\, d \cos\Theta_0}{\lambda}}{\left(\dfrac{\pi x\, d\cos\Theta_0}{\lambda}\right)^2}\, dm_1\, dm_2, \tag{4}$$

teur et diffractant d'une manière incohérente ([3]), *la probabilité géométrique de la répartition étant l'aire élémentaire $dm_1\, dm_2$ du plan réflecteur.* De plus, *grâce à l'additivité des intensités, l'équivalence à une répartition de réseaux linéaires subsiste pour l'ensemble des cristallites* d'une poudre microcristalline. L'intégration dans (4) doit alors être effectuée sur tout le volume diffractant. Grâce à (1), (2) et (4) le paramètre L aura la forme (5). D'autre part, l'on peut définir, d'une manière purement géométrique les diamètres moyens, simples et quadratiques du volume diffractant, par (6) et (7)

$$L = \frac{\int \mathcal{M}^2\, dm_1\, dm_2}{\int \mathcal{M}\, dm_1\, dm_2}, \tag{5}$$

$$\overline{\mathcal{M}^2} = \frac{\int \mathcal{M}^2\, dm_1\, dm_2}{\int dm_1\, dm_2}. \tag{6}$$

$$\overline{\mathcal{M}} = \frac{\int \mathcal{M}\, dm_1\, dm_2}{\int dm_1\, dm_2}. \tag{7}$$

([2]) En principe, les coordonnées m_j sont des nombres entiers. Ici, l'on a remplacé la sommation habituelle par une intégration en considérant les m_j comme des variables continues.

([3]) Leurs intensités, et non pas leurs amplitudes, s'ajoutent.

En vertu des relations (5) à (7) et en notant ε^2 l'écart quadratique des diamètres, le paramètre L a alors le sens statistique suivant

$$(8) \qquad L = \frac{\overline{\mathfrak{M}^2}}{\overline{\mathfrak{M}}} = \overline{\mathfrak{M}}\left(1 + \frac{\varepsilon^2}{(\overline{\mathfrak{M}})^2}\right).$$

La *dimension apparente* L *diffère donc de la dimension moyenne vraie* $\overline{\mathfrak{M}}$ par le terme $\varepsilon^2/\overline{\mathfrak{M}}$ correspondant aux fluctuations.

GÉOLOGIE. — *Le* Calcaire pisolithique *de Vigny n'est pas un faciès de la Craie.* Note de MM. **René Abrard, Raymond Furon, Pierre Marie** et **Robert Soyer**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une Note récente (¹), Mlle H. Alimen, A.-F. de Lapparent et G. Lucas ont repris l'hypothèse, émise et très vite abandonnée par P. Lemoine, considérant le calcaire pisolithique de Vigny comme un faciès récifal de la Craie, et qui à la suite des études effectuées pendant les quinze dernières années, ne paraissait plus pouvoir être soutenue. Nous venons de nous rendre sur place en compagnie de L. Feugueur, L. Guillaume et G. Lecointre, et nous y avons fait des observations qui nous conduisent à des conclusions qui s'opposent sur tous les points à celles de nos confrères.

Le contact réel entre la craie et le calcaire pisolithique est toujours brusque et tranché et, ni latéralement, ni verticalement, ne se montre la moindre ébauche d'un passage insensible de l'une à l'autre. Dans une partie de la carrière, le pisolithique surmonte la craie durcie, corrodée, perforée, ravinée avec argile rubéfiée et puits de dissolution qu'il remplit en y entraînant des fragments de craie parfois durcie. La lacune par émersion ne peut être contestée sans nier l'évidence, soulignée encore par le fait que, aux points où le pisolithique lui est adossé, la craie est également durcie, perforée et corrodée, avec surface de contact très irrégulière impliquant protubérances et anfractuosités.

La craie qui surmonte le pisolithique est indiscutablement remaniée, ainsi qu'il a été dit tant de fois; elle n'a plus sa stratification ni sa fissuration normales, les silex n'y sont plus alignés et quelques-uns sont brisés. En beaucoup de points, cette craie, non en place, descendue peut-être en partie par solifluxion, a entraîné des fragments ou des blocs de calcaire pisolithique.

Les silex inclus dans le pisolithique, souvent très roulés, proviennent de la craie qui leur a donné sa patine et leur partie externe est souvent enduite de calcite comme les fossiles. La prétendue inclusion de Lithothamniées n'est qu'une apparence due au sectionnement après comblement par le Maërl des anfractuosités et des altérations; en réalité, on observe toujours la mince

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1161-1163.

couche patinée entre les algues et les silex dont certains portent des fossiles de la craie.

Contrairement à ce que disent les auteurs de la Note précitée, la Paléontologie donne des renseignements très nets sur l'âge de la formation, et à l'inverse de leurs affirmations, H. Schœller (1925) écrit : « mais la majorité appartient incontestablement aux mollusques, gastéropodes et lamellibranches à affinités tertiaires ».

Nous confirmons la présence du genre *Hercoglossa* que nous avons trouvé à la base du dépôt, ce qui interdit de la placer au-dessous du Danien-Montien. Les affinités daniennes pour A. Chavan (1948) proviennent en très grande partie d'espèces du tuffeau de Ciply que la plupart des auteurs placent dans le Montien. J. Lambert (1907, 1920) étudiant les Échinides, particulièrement importants parce que bien conservés, et dont beaucoup proviennent de Vigny, formation organogène mais non récifale, conclut que le calcaire pisolithique est un étage tertiaire aussi différent du Danien que du Thanétien. Toutes les affinités des Foraminifères sont tertiaires, et il est frappant de constater que pas une seule espèce de la craie encaissante ne se retrouve dans le calcaire de Vigny et *vice versa* (P. Marie, 1937); comment croire que si les formations étaient synchroniques, les Foraminifères pélagiques ne seraient pas passés de l'une dans l'autre.

Les Lithothamniées indiquent, d'après M[me] P. Lemoine (1926, 1937), des affinités tertiaires et des conditions chaudes à Vigny et pour L. et J. Morellet (1940), les Dasycladacées rendent « de plus en plus invraisemblable la théorie d'un faciès latéral de la craie ».

La présence dans le Bassin aquitanien de quelques individus isolés de Bélemnitelles est consécutive à l'avance au Campanien de la province tempérée septentrionale vers le Sud; le recul des Rudistes vers la partie centrale de la Mésogée renforce l'impossibilité de voir à la même époque se constituer un récif équatorial en zone septentrionale.

La craie de Vigny est inférieure au calcaire du Cotentin et à Maëstricht. En ce qui concerne les Polypiers du calcaire pisolithique qui seraient des formes de Royan et de Maëstricht, il s'agit d'une information qui sera probablement démentie par une étude précise; on ne voit pas pourquoi, s'il en était ainsi, les Rudistes et les Orbitoïdes n'auraient pas suivi pour constituer une association équatoriale normale du Crétacé supérieur, caractère que ne présente en rien le calcaire de Vigny.

En résumé, on peut affirmer que le calcaire pisolithique de Vigny n'est pas un faciès de la craie et que des incompatibilités foncières entre les deux formations portent sur leur âge, leur bathymétrie et sur le fait que leurs faunes ressortissent à deux provinces zoologiques différentes.

GÉOLOGIE. — *Age des dépôts sédimentaires des environs de Saint-Flour (Cantal).* Note de MM. **René Lavocat**, **Robert Michel** et **Roger Rey**, présentée par M. Charles Jacob.

Le bassin tertiaire de Saint-Flour comporte des formations détritiques (sables argileux ou feldspathiques, graviers à chailles et à galets de quartz, etc.), qui ont été d'abord attribués à l'Éocène, puis, après la découverte des restes de Mammifères, au Sannoisien. Bien que ces fossiles, en réalité stampiens comme l'a signalé récemment l'un de nous (R. L.) (1), soient localisés à la base de la formation, celle-ci a été entièrement rapportée au Sannoisien sur la Carte géologique à 1/80 000 (feuille de Saint-Flour).

Le but de la présente Note est de montrer qu'au-dessus d'une base oligocène réduite, la majeure partie de ces formations sableuses doit être rangée dans le Miocène et que leur sommet atteint le Pliocène supérieur.

1° *Calvaire de Saint-Flour et vallée de Roffiac-Andelat.* — Des sables feldspathiques à galets de quartz, de silex et de basalte, sont exploités au Nord-Ouest de Saint-Flour, sur le versant Nord-Est de la colline du Calvaire. Ces sables, ravinant très nettement une coulée de basalte du Miocène moyen, sont nécessairement plus récents que celle-ci. L'assise inférieure, constituée d'argile sableuse micacée, nous a d'ailleurs livré quelques empreintes de feuilles qui appartiennent à des espèces de la flore d'Andelat, d'âge miocène supérieur (2).

Le gisement, tout proche, de cette dernière se trouve précisément dans la même formation qui se poursuit, avec le même faciès et au même niveau, tout au long des deux versants de la vallée de Roffiac-Andelat. D'après M. Boule (3), les sables et argiles micacées qui contiennent cette flore représenteraient le comblement d'une vallée creusée dans les sables qu'il croyait oligocènes. On peut constater que ce ravinement n'existe pas et que tous ces dépôts appartiennent à une même formation datant, par conséquent, du Miocène supérieur.

Par ailleurs, au Nord de Roffiac comme au-dessus du gisement fossilifère d'Andelat, la *brèche andésitique* sépare les sables miocènes d'une nouvelle assise de sables quartzeux, riches en chailles et recouverts à leur tour par le *basalte des plateaux*. Il s'agit donc de sables pliocènes, qui n'avaient pas été jusqu'ici signalés dans le bassin de Saint-Flour.

2° *Région de Vendèze, Soubisergues, Aubac.* — C'est dans cette région, située au Nord-Est de Saint-Flour, que la base de la formation sableuse a livré, près de Vendèze, des restes de Mammifères stampiens, entre autres *Anthracotherium* (probablement *magnum*) et *Cadurcotherium* sp. Plus à l'Est, à Soubisergues, ces sables forment une puissante assise séparant le substratum de gneiss du basalte des plateaux. La découverte (4) des Mammifères fossiles dits *de Brons*, dans la tranchée de la voie ferrée en face du Vernet, assigne également à la base de cette assise un âge stampien.

Le niveau supérieur, par contre, représente le Pliocène, car il repose en certains points,

(1) R. Lavocat, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 583.
(2) A. Lauby, *Bull. Serv. Cart. géol. de France*, 125, 1910.
(3) *Ibid.*, 54, 1896.
(4) J. B. Rames, *Bull. Soc. géol. de France*, 14, 1885-1886, p. 357.

par exemple à l'Est du plateau d'Aubac, sur la brèche andésitique, interstratifiée par endroits dans la série sableuse.

La partie intermédiaire de la formation, ainsi comprise entre l'Oligocène et le Pliocène, est d'âge miocène, comme l'a signalé depuis longtemps Ph. Glangeaud (³). Toutefois, la limite entre Oligocène et Miocène est ici difficile à préciser, car les chailles remaniées se rencontrent à tous les niveaux et ne sont donc pas caractéristiques du seul Miocène, comme le pensait cet auteur.

Les observations qui précèdent permettent de distinguer dans la série sableuse du bassin de Saint-Flour, jusqu'ici entièrement attribuée au Sannoisien, du Stampien (*pro parte minima*), du Miocène et du Pliocène, bien qu'il soit parfois difficile d'en faire la délimitation exacte, en raison de l'homogénéité pétrographique de cette formation. Cette homogénéité conduit à conclure à la permanence, pendant cette longue période, des phénomènes continentaux générateurs de ces dépôts, sur le bord du massif volcanique du Cantal en cours d'édification.

(³) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 401.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la printanisation sur l'évolution des lipides et des glucides chez le* Sinapis alba. Note (*) de M. **Robert Dupéron**, présentée par M. Raoul Combes.

La printanisation des semences de Moutarde blanche provoque comme l'a montré R. David (¹), une avance, d'une semaine environ, de la floraison et de la fructification. On pouvait supposer que cette influence du froid devait entraîner des modifications dans le métabolisme de la plante; nous avions en effet constaté (²), chez le Blé, une teneur en lipides plus faible pour les semences printanisées. Nous avons étudié au cours de la germination des semences de moutarde, pendant et après le traitement par le froid artificiel, l'influence de la printanisation sur le métabolisme des lipides et sur celui des glucides.

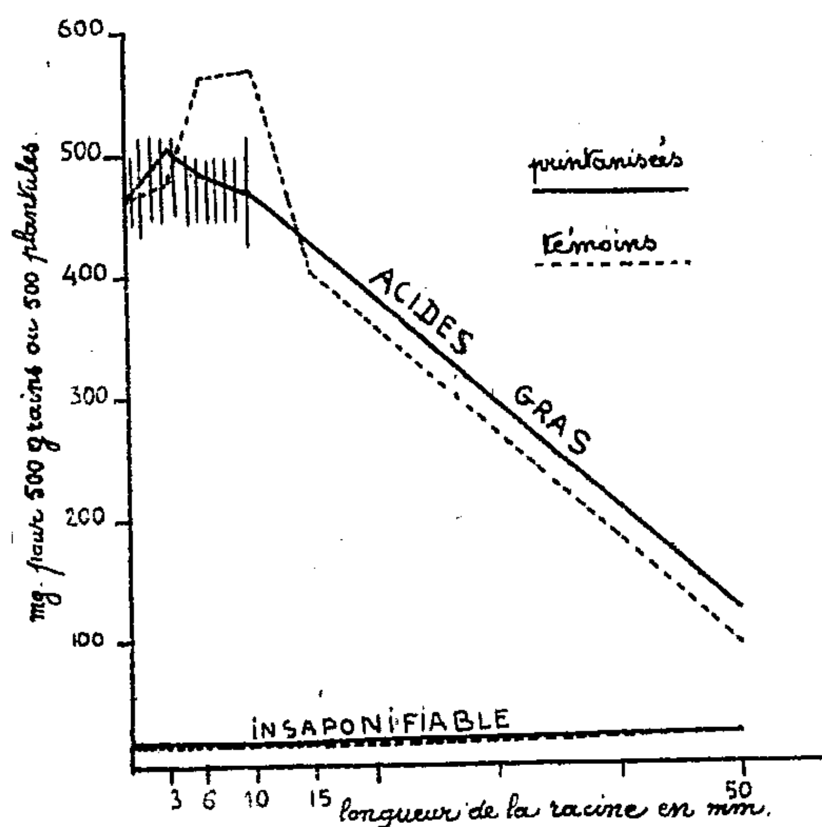
1° *Lipides. a. Pendant le traitement* : les acides gras totaux et l'insaponifiable ont été dosés dans les semences non germées, puis successivement après 10, 20, 30 jours de traitement par le froid artificiel (+ 2°) pour les graines printanisées; les semences présentent alors un début de germination se traduisant respectivement par le développement d'une radicule de 3, 6, 10^{mm}. Parallèlement, les dosages ont été effectués sur des semences témoins développées à la température de 18° et arrivées au même stade morphologique que les précédentes. Ces expériences ont permis de déceler, dans les deux séries (printa-

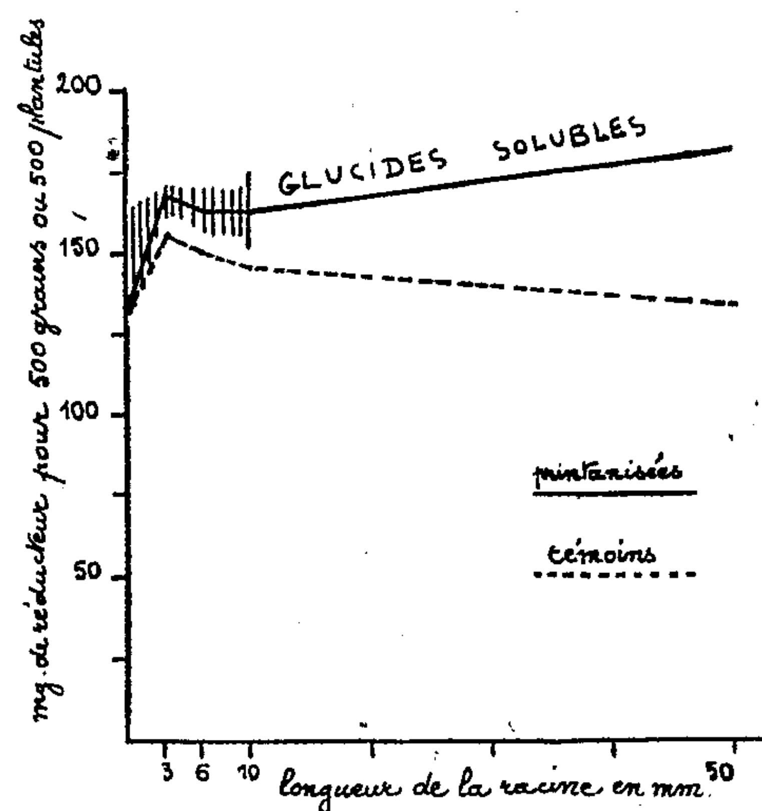
(*) Séance du 3 janvier 1949.

(¹) *Printanisation des végétaux cultivés*, Paris, 1946.

(²) R. Duperon, *Rev. gén. Botan.*, 53, 1946, p. 525.

nisées et témoins) pendant les toutes premières phases de la germination, une augmentation de la quantité d'acides gras totaux, plus accentuée chez les semences témoins que chez les semences printanisées. Dans la suite, les graines traitées par le froid pendant 30 jours demeurent moins riches en acides gras totaux que les graines témoins; les différences enregistrées restent toutefois assez faibles (470^{mg} pour 500 graines printanisées, 570^{mg} pour 500 graines témoins). Pour l'insaponifiable, aucune différence n'a été constatée.





Évolution des lipides. Évolution des glucides.

La région hachurée correspond à la période de traitement pour les semences printanisées.

b. Après le traitement. — L'étude de l'évolution ultérieure des lipides après la printanisation, durant la fin de la germination à la température ordinaire (14-18°), montre une baisse rapide de la quantité d'acides gras totaux dans les deux séries. Cependant, à la fin de la germination, les plantules commençant le développement de leur appareil chlorophyllien (10 jours de germination, longueur de la radicule 50^{mm}, feuilles cotylédonaires étalées), la quantité d'acides gras totaux des plantules printanisées reste sensiblement plus élevée que celle des plantules témoins (95^{mg} pour 500 plantules témoins, 125^{mg} pour 500 plantules printanisées). A ce stade, chez les deux séries de plantules, l'indice d'iode atteint une valeur beaucoup plus élevée que durant les premières phases de la germination (113 puis 154).

2° *Glucides.* — Ont été étudiés : 1° les glucides solubles dans l'alcool à 80° (réducteur libre, réducteur libéré par l'invertine puis par la myrosinase); 2° les glucides insolubles dans l'alcool (mucilages).

a. Pendant le traitement. — Les graines printanisées pendant 30 jours contiennent plus de glucides solubles que les semences témoins arrivées au même stade de développement; mais là encore les différences sont faibles

(162^{mg} de réducteur pour 500 graines printanisées, 147^{mg} de réducteur pour 500 graines témoins). En ce qui concerne les glucides insolubles, les quantités sont sensiblement les mêmes.

b. Après le traitement. — Les différences dans les glucides solubles s'accentuent à la fin de la germination; les plantules printanisées renferment une quantité de sucres solubles plus forte que celle des plantules témoins (182^{mg} de réducteur pour 500 plantules printanisées, 134^{mg} de réducteur pour 500 plantules témoins); les différences portent sur le réducteur libre.

En outre, tandis que l'hétéroside sulfuré (sinalboside) s'accumule chez les plantules témoins, les printanisées conservent leur quantité initiale (84^{mg} de réducteur pour 500 plantules témoins, 42^{mg} pour 500 plantules printanisées). Une variation inverse s'observe pour le sucre tributaire de l'invertine, qui n'est pas du saccharose puisque son indice de réduction enzymolytique est 480.

En résumé, les effets du froid artificiel se traduisent, à la fin de la printanisation, par une chute moins importante de la quantité de lipides et un accroissement plus accusé de la quantité de glucides solubles, par rapport aux semences témoins. Cette influence du froid se fait surtout sentir après le traitement, au début du développement de l'appareil chlorophyllien. A ce moment, pour un stade de développement morphologique semblable, les jeunes plantules printanisées contiennent plus de glucides solubles et de lipides, que les plantules témoins.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Note préliminaire sur la cytologie des cellules à cystolithes de* Ficus Elastica. *Étude du système vacuolaire.* Note (*) de Mlle **Paulette Hiltz**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les travaux de Libero Ajello (1), ont montré que les concrétions calcaires qui constituent les cystolithes proviennent d'un dépôt de substance minérale s'effectuant sur une prolifération interne de la membrane du lithocyste (cellule renfermant le cystolithe). Cette prolifération est perpendiculaire aux faces de la feuille. Que devient la cellule au cours du développement du cystolithe ? Reste-t-elle vivante? Le cystolithe a-t-il des rapports avec les vacuoles? Avec le cytoplasme? C'est ce que nous avons essayé de voir en effectuant des colorations vitales au rouge neutre, pendant l'évolution du cystolithe.

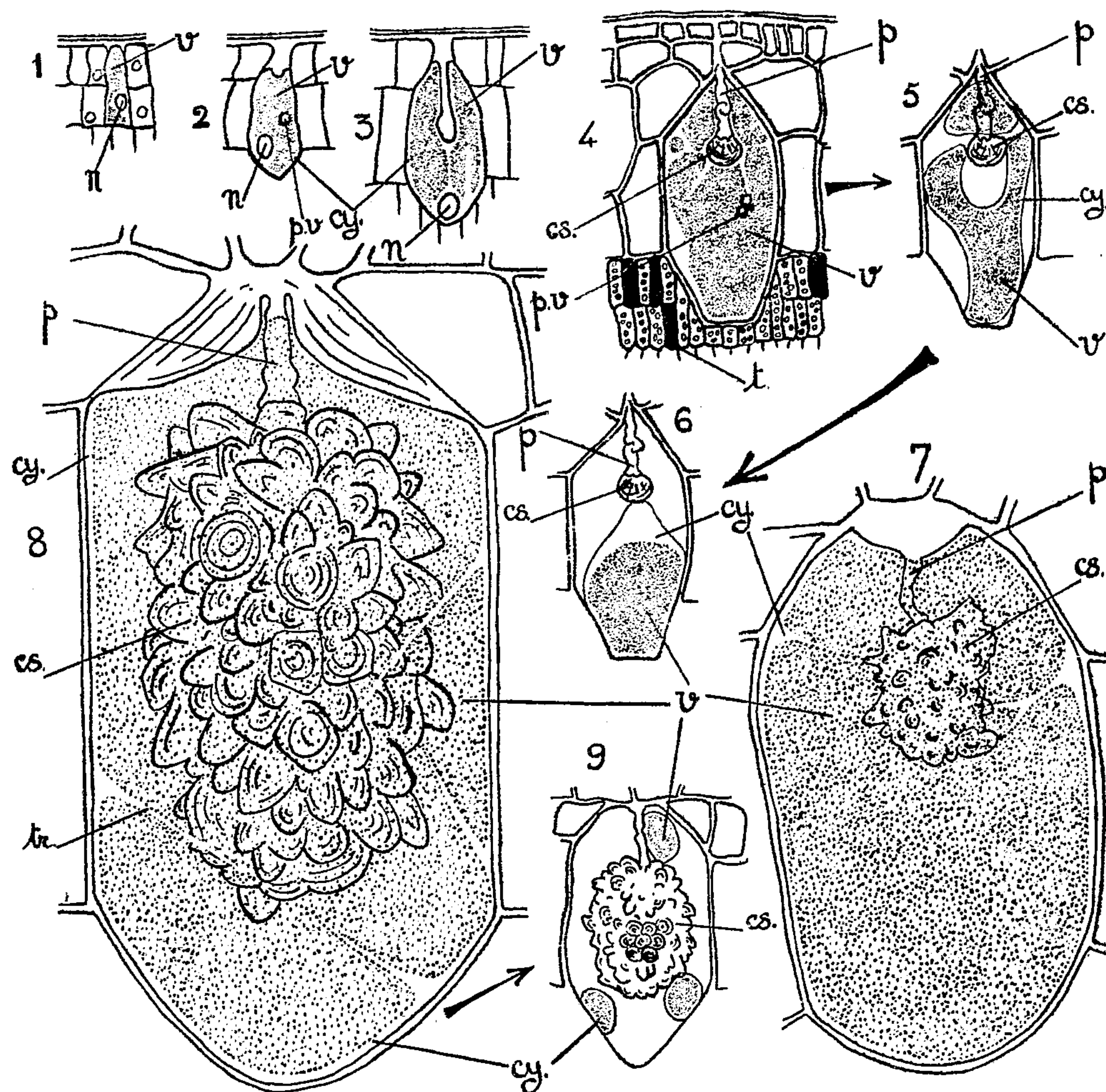
La figure 1 représente les premières assises cellulaires de la face supérieure d'une feuille de 1^{cm}. On y distingue deux catégories de cellules : les unes approximativement cubiques, les autres longues et minces. Ces dernières vont fournir les futurs lithocystes. Alors que les cellules cubiques se divisent transversalement et longitudinalement, les lithocystes ne se divisent jamais. Ils com-

(*) Séance du 3 janvier 1949.

(1) *American Journal of Botany*, 28, 1941, p. 589 à 594.

prennent une grande vacuole (v), un noyau normal (n), et une fine pellicule de cytoplasme (cy). Leur membrane supérieure est épaissie.

La figure 2 montre l'accentuation de cet épaississement et l'apparition du pédicelle sous forme d'un petit bouton. Un précipité vacuolaire ($p.\ v.$) très coloré occupe la vacuole.



Colorations vitales des différents stades d'évolution des cellules à cystolithes de *Ficus elastica*.

Fig. 1, 2, 3, 4, 7, 8 : colorations vitales. Fig. 5, 6, 9 : plasmolyses. *n*, noyau; *cy*, cytoplasme; *p*, pédicelle; *v*, vacuole; *p. v.*, précipité vacuolaire; *cs*, cystolithe; *tr*, trabécules cytoplasmiques.

Dans la figure 3, (feuille de 3^{cm}) le pédicelle s'est allongé; le noyau a émigré au fond de la cellule. La fine couche de cytoplasme épouse les contours du pédicelle, le séparant ainsi de la vacuole. Les figures 1, 2, 3 correspondent à des feuilles jeunes encore enroulées dans le bourgeon, protégées chacune par un capuchon stipulaire. Les figures suivantes correspondent à des feuilles

déroulées et étalées après la chute du capuchon. Le calcaire ne se dépose jamais quand la feuille est enroulée dans le bourgeon.

La figure 4, feuille de 10^{cm}, montre le premier dépôt (*cs*) de substance minérale sur le pédicelle (*p*); ce dépôt se dissout dans ClH concentré mais ne paraît pas faire effervescence.

Les figures 5 et 6 représentent deux stades successifs de plasmolyse de la figure 4 (glycérine à 5 %). Ces plasmolyses montrent la contraction du cytoplasme qui, en se décollant du cystolithe, le dégage entièrement.

La figure 7 (feuille adulte) montre un dépôt minéral important, soluble dans ClH concentré. Ici la concrétion paraît noyée dans la vacuole; en réalité, la matière vivante entoure de toute part le cystolithe.

La figure 8 représente une coloration vitale d'une cellule à cystolithe ayant achevé son développement. La figure 9 en montre la plasmolyse (échelle réduite); à ce stade la concrétion présente les propriétés du calcaire et fait effervescence avec ClH.

En conclusion, l'observation vitale des lithocystes nous a permis de voir que :

1° La cellule à cystolithe est vivante et le demeure malgré l'énorme dépôt minéral qui se développe en son sein;

2° Le cystolithe se développe au contact du cytoplasme et non dans la vacuole, contrairement à ce qui a lieu pour d'autres cristaux végétaux tels que les raphides par exemple;

3° Ce dépôt a lieu sur une prolifération de la membrane supérieure du lithocyste;

4° Rien dans le comportement des vacuoles ne traduit une activité particulière ou anormale de la cellule pendant que s'accumule l'énorme concrétion minérale.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure du pyrénoïde chez les Rhodophycées.* Note de MM. **Jean Feldmann** et **Georges Schotter**, présentée par M. Roger Heim.

Chez les Rhodophycées, les pyrénoïdes n'existent que dans les plastes de certaines formes inférieures (Porphyridiales et Bangiales chez les Protoflоridées, Némalionales chez les Euflоridées).

Ils se présentent en général sous l'aspect de corps arrondis à contours peu nets sur le vivant, noyés dans la substance du plaste, plus épais à leur niveau et dépourvus de l'enveloppe d'amidon qui rend si visible le pyrénoïde des Algues vertes.

Ces caractères, joints à l'aspect homogène, après fixation et coloration, du pyrénoïde des Algues rouges, a conduit certains auteurs à douter qu'il s'agisse réellement d'un pyrénoïde homologue de celui des autres Algues.

L'étude de deux Rhodophycées, une Protofloridée [*Porphyra umbilicalis* (L.)

J. Ag. fa. *rosea* Hamel] et une Némalionale [*Acrochætium cæspitosum* (J. Ag.) Naeg.] nous a permis de constater que, chez ces espèces, le pyrénoïde présente une structure interne très nette et comparable à celle de certains pyrénoïdes de Chlorophycées.

Chez l'*Acrochætium cæspitosum* qui, comme l'a montré P. Dangeard (¹), se distingue des autres *Acrochætium* par l'existence, dans chaque cellule, de plusieurs plastes pariétaux à contours irrégulièrement lobés et pourvus chacun d'un pyrénoïde, celui-ci, situé vers le centre du plaste, constitue une masse arrondie ou plus ou moins ovoïde et dont l'axe est assez fréquemment oblique par rapport à la surface du plaste.

Sur le vivant, il est parfois possible de distinguer dans le pyrénoïde une série de stries transversales dues à des différences de réfringence.

L'action d'une solution iodoiodurée rend plus visible les contours du pyrénoïde et fait ressortir les stries transversales sous forme de bandes réfringentes et colorées en brun, séparées par des espaces clairs. Ce qui montre que le pyrénoïde est constitué par une succession de disques empilés, séparés par une substance de nature différente.

Ces disques sont rarement plans, mais au contraire présentent une surface incurvée qui leur donne une forme de calotte ayant pour centre l'un des pôles du pyrénoïde. Le plus souvent, l'ensemble des disques est disposé à partir des deux pôles opposés du pyrénoïde, le disque équatorial étant plan, et les autres incurvés en sens opposé dans chacun des deux hémisphères. Assez fréquemment, le pôle d'un des deux hémisphères se dédouble et il y a alors trois centres périphériques à partir desquels se disposent les calottes concentriques.

Chez le *Porphyra umbilicalis*, nous avons observé une structure tout à fait comparable, mais seulement après action de la solution iodoiodurée et avant que celle-ci ait entraîné une contraction générale du contenu cellulaire.

Chez cette espèce il y a également, très souvent, dédoublement de l'un des pôles autour desquels se disposent les calottes concentriques.

Des colorations à l'hématoxyline après fixation au Zenker-Formol ne nous ont montré qu'une coloration homogène très intense de pyrénoïde.

Les pyrénoïdes de ces deux Rhodophycées, éloignées l'une de l'autre par leur position systématique, présentent donc la même structure.

Cette structure est sans doute constante dans les pyrénoïdes de toutes les Rhodophycées, car Kurssanow (²) avait observé, après fixation et coloration, chez l'*Helminthocladia Calvadosii* (Lamour.) Setchell une structure granuleuse du pyrénoïde à granules parfois ordonnés en rangées parallèles et chez l'*Helminthora divaricata* (Ag.) J. Ag., un aspect strié du pyrénoïde.

(¹) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 76, 1929, p. 1043-1048.

(²) *Flora*, 99, 1909, pl. II-III, p. 311-336.

Si l'on recherche, à la lumière des travaux de Chadefaud ([3]), des analogies avec les pyrénoïdes des Chlorophycées, on voit que ceux des Rhodophycées se rapprochent beaucoup des pyrénoïdes zonés à pyrénosomes formés de disques empilés, tels qu'on en note en particulier chez les *Hormidium* et les *Ulothrix*.

Nous n'avons pas observé, dans le pyrénoïde des Rhodophycées que nous avons étudiées, de centriole pyrénoïdien dont Chadefaud a signalé l'existence dans les pyrénoïdes d'Algues d'autres embranchements. Il n'est donc pas possible d'interpréter définitivement la structure du pyrénoïde des Rhodophycées, mais on peut se demander s'il n'est pas plus complexe que celui des Chlorophycées, et s'il n'existerait pas deux centres pyrénoïdiens opposés et parfois même trois lorsqu'il y a dédoublement de l'un des pôles autour desquels les pyrénosomes se disposent concentriquement, cette dernière disposition paraissant difficilement compatible avec l'hypothèse d'un seul centre pyrénoïdien.

ÉCONOMIE RURALE. — *L'influence herbicide du phénylcarbamate d'isopropyle, du 2.4-dichlorophénoxyacétate d'éthyle et de la chloropicrine.* Note (*) de M. **Roger David**, transmise par M. Henri Devaux.

L'influence herbicide qu'exercent certaines substances possédant des propriétés hormonales a déjà fait l'objet de nombreuses publications.

Dans la présente Note, nous rendons compte des essais que nous avons effectués pour rechercher les propriétés toxiques du phénylcarbamate d'isopropyle et du 2.4-dichlorophénoxyacétate d'éthyle (ester de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique, dit 2.4-D), comparées à celles d'une substance herbicide bien connue à la suite des travaux de Gabriel Bertrand : la chloropicrine.

Les solutions utilisées ont été obtenues de la manière suivante :

Une partie de phénylcarbamate d'isopropyle est dissoute dans deux parties de phosphate tributylique, puis cette solution est diluée au 1/100 à l'aide d'un mélange d'huile minérale fluide ou d'huile de vaseline (2/3) et de pétrole ou de White Spirit (hydrocarbures de pétrole; éb. A. S. T. M. 140°C. — 200°C.), (1/3), soit encore avec de l'huile seule.

Des expériences comparatives ont été effectuées en utilisant le White Spirit seul ou un mélange d'huile (2/3) et de White Spirit (1/3), dépourvu de phénylcarbamate d'isopropyle.

Des émulsions de 2.4-D sont obtenues en diluant au 1/60 ou au 1/100 avec de l'eau, des solutions huileuses à 10,7 % et 40 % de 2.4-dichlorophénoxyacétate d'éthyle.

([3]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11e série, 2, 1941, p. 1-44.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

Pour la chloropicrine, l'émulsion utilisée était préparée suivant les indications de Gabriel Bertrand ([1]) : 12^{cm^3} de chloropicrine et 38^{cm^3} de solution savonneuse à 4 % sont agités jusqu'à l'obtention d'une émulsion stable que l'on dilue au moment de l'emploi. Les solutions destinées aux pulvérisations ou à l'arrosage des plantes contiennent 3 et 10 % de l'émulsion primitive.

Les espèces expérimentées étaient des plantes herbacées communes : *Impatiens Noli-tangere*, *Parietaria officinalis*, *Tanacetum vulgare*, *Plantago media*, *Poa annua*, *Lappa minor*, *Erigeron canadensis*, *Sonchus oleraceus*, *Capsella Bursa-pastoris*, et des espèces du sous-bois de la Forêt Landaise : *Erica cinerea*, *E. ciliaris*, *E. scoparia*, *Calluna vulgaris*, *Ulex europeus*, *U. nanus*, *Molinia cœrulea*.

La solution de carbamate dans un mélange d'huile et de White Spirit provoque la destruction des parties aériennes des plantes, même des plus ligneuses. Huit jours seulement après le traitement, la dessiccation des feuilles est déjà très prononcée, et elle est généralisée huit jours plus tard. Les vaporisations effectuées avec la solution huileuse de carbamate ou avec le White Spirit seul sont toujours moins efficaces qu'avec le mélange des diverses substances.

Les émulsions au 1/60 et 1/100 de 2.4-dichlorophénoxyacétate d'éthyle à 40 % détruisent la presque totalité des parties aériennes des végétaux, sauf celles de *Molinia cœrulea*. On constate en effet, dix jours seulement après le traitement, une dessiccation très accentuée, qui paraît totale 30 jours après. Toutefois, nous avons constaté la formation de nouveaux bourgeons sur les parties souterraines d'*Ulex nanus* : cette espèce n'est donc pas définitivement détruite.

La pulvérisation des solutions de chloropicrine à 3 % et à 10 % ne tue pas les diverses espèces expérimentées. Par contre, l'arrosage du sol avec des solutions à 3 % seulement, provoque la mort de *Tanacetum vulgare*, *Parietaria officinalis*, *Poa annua*, *Erigeron canadensis*, *Plantago media*. Quant aux autres espèces, et en particulier celles de la Forêt, seules les parties aériennes sont plus ou moins complètement détruites, sauf pour *Molinia cœrulea* qui résiste à la chloropicrine. Ainsi, en général, deux jours après le traitement, les feuilles présentent des signes de dessiccation, phénomène qui s'accentue progressivement. Mais un mois après, des rejets apparaissent, soit à la base de la tige de la plupart des espèces vivaces, soit même le long de cet organe (*Rubus fructicosus*, *Ulex europeus*, *Erica ciliaris*). Ainsi, l'arrosage avec une solution à 3 % de chloropicrine des espèces vivaces, ne paraît pas détruire le système radiculaire de ces végétaux et l'action toxique est limitée aux parties aériennes.

Ces diverses substances provoquent en outre des modifications morpho-

---

([1]) *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 230-233.

logiques. Les émulsions des solutions de 2.4-dichlorophénoxyacétate d'éthyle à 10,7 % produisent des torsions plus ou moins accentuées du pétiole et de l'extrémité des tiges, et dans certains cas, un enroulement des feuilles sur elles-mêmes. Avec les solutions de 2.4-dichlorophénoxyacétate d'éthyle à 40 %, on note seulement une dessiccation assez rapide de la tige qui demeure rigide et devient cassante.

Le carbamate provoque la fanaison des feuilles qui noircissent avant de se dessécher.

La chloropicrine provoque souvent un boursouflement des feuilles et en général une dessiccation du collet qui entraîne la fanaison de la plante.

En résumé, le carbamate paraît plus actif que le 2.4-D (qui ne détruit pas la Molinie), mais leur action herbicide est plus lente que celle de la chloropicrine. Toutefois, les divers essais ayant été effectués de juillet à novembre, ce n'est qu'au printemps prochain qu'il sera possible de savoir d'une façon certaine si les parties souterraines des diverses espèces expérimentées qui n'ont pas encore rejeté de souche jusqu'à ce jour, ont été définitivement détruites par ces substances.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur le nombre originel des vertèbres caudales chez les Oiseaux.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Chez les Oiseaux, au cours de la vie embryonnaire, deux vertèbres entrent, tout d'abord, en contact avec l'ilion, au niveau de la cavité cotyloïde : homologuées aux vertèbres sacrées des Reptiles, ces vertèbres sont nommées sacrées primitives ou acétabulaires ([1]). Puis, par suite de l'extension progressive de l'ilion, une série d'autres vertèbres, les unes, préacétabulaires, les autres, postacétabulaires, s'unissent à la ceinture pelvienne; avec les sacrées primitives, elles constituent le synsacrum.

Les vertèbres caudales des Oiseaux feront seules l'objet de cette Note. A l'âge adulte, les plus antérieures entrent dans la formation du synsacrum, ce sont les vertèbres postacétabulaires; les postérieures se soudent typiquement en un pygostyle ([2]), quelques-unes demeurant libres entre le synsacrum et le pygostyle.

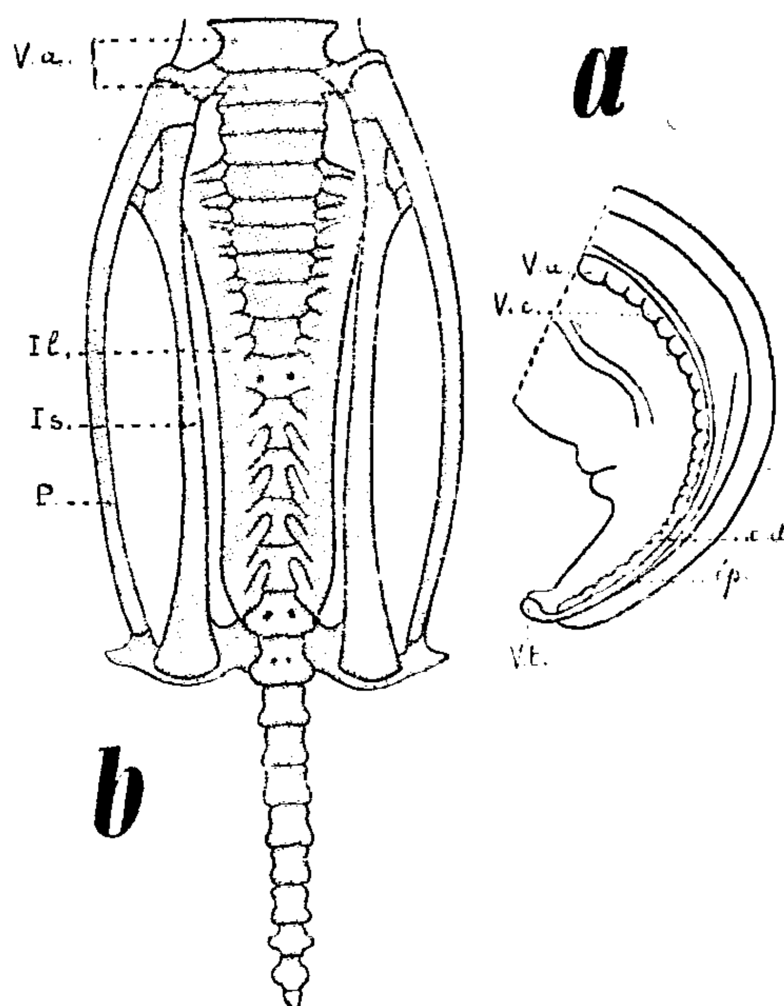
Il est difficile de connaître le nombre originel des vertèbres caudales parce que les éléments du synsacrum et, surtout, ceux du pygostyle fusionnent

([1]) Il faut noter qu'il y a 3 vertèbres acétabulaires, parfois, chez les Ratites, et une seule, chez quelques Carinates.

([2]) Os des Carinates, comprimé supérieurement en une lame verticale, perpendiculaire à l'axe de la queue.

très tôt, au cours du développement. En vue d'établir ce nombre, j'ai étudié la région postérieure du rachis d'un embryon de Carinate, l'Oie, ainsi que celle des Oiseaux les plus anciens, l'*Archæopteryx* et l'*Archæornis*, et celle d'un jeune Ratite, l'Émeu.

1° Chez l'embryon d'Oie domestique (*Anser cinereus* Meyer) de huit jours et demi (*fig. a*), autour de la corde dorsale, s'esquissent les vertèbres : 2 acétabulaires et, en arrière d'elles, 24 caudales, tout à fait libres à ce stade; ce nombre diminue, chez les embryons plus âgés, par fusion des éléments primitifs.



a. — Embryon d'Oie domestique (*Anser cinereus* Meyer) de 8 jours et demi. Coll. de M. le Professeur Steiner, Université de Zurich. Section sagittale de la région sacro-caudale. ép., canal de l'épendyme avec sa vésicule terminale (V. t.); C. d., corde dorsale, autour de laquelle s'indiquent les vertèbres acétabulaires (V. a.), au nombre de deux, et caudales (V. c.). G. N. × 4 environ.

b. — Jeune Émeu (*Dromæus* sp.). Coll. Anat. comp. du Museum de Paris. Squelette de la région sacro-caudale, vu par sa face ventrale. V. a., vertèbres acétabulaires (les autres étant les vertèbres caudales). Il., ilion; Is., ischion; P., pubis. G. N. × 1/5 environ.

2° L'*Archæopteryx* et l'*Archæornis* du Jurassique de Bavière (dont les os du pelvis, l'ilion, en particulier, étaient beaucoup moins étendus vers l'arrière que chez les Oiseaux actuels) possédaient : 2 vertèbres acétabulaires (semble-t-il), 4 vertèbres caudales sacralisées et 20 ou 21 libres, soit encore 24 à 25 vertèbres, en arrière des acétabulaires.

3° Le jeune Émeu (*Dromæus*) (*fig. b*) présente : 2 vertèbres sacrées primitives bien marquées, 15 caudales sacralisées et 9 libres, dont les 2 ou 3 dernières, plus ou moins soudées, ne constituent pas, cependant, de pygostyle.

On observe donc, ici encore, 24 vertèbres caudales (³). Ce nombre est même plus élevé chez le fœtus d'Émeu, où il atteint 27 et davantage (E. Lutz, 1942).

Notons qu'au niveau du synsacrum, ce Ratite, comme tous les Oiseaux, possède de courtes côtes fusionnées à l'ilion : au stade étudié, il y a une paire de côtes sacrées et cinq paires de côtes caudales, les dernières vertèbres sacralisées s'unissant directement à l'ilion par des expansions latérales.

En résumé, dans le groupe avien, le nombre originel des vertèbres caudales est considérable et proche de 24 pour des familles aussi primitives que les *Archæopterygidæ*, les *Dromæidæ* et les *Anseridæ*, ce nombre pouvant même atteindre et dépasser 27 chez le fœtus des Ratites. Par ce caractère, mis en lumière, ici, pour la première fois, comme par la présence bien connue de côtes au niveau des vertèbres caudales, les Oiseaux se rapprochent indubitablement des Reptiles archaïques, des Chéloniens, en particulier.

PHYSIOLOGIE. — *Démonstration du mécanisme d'action des substances digitaliques sur le muscle papillaire isolé du cœur humain.* Note (*) de M. **Auguste Loubatières**, présentée par M. Léon Binet.

J'ai décrit dans de précédentes publications (¹) l'appareillage et la procédure qui permettent de mettre en évidence à l'aide du muscle papillaire isolé du cœur de jeune chien, pendant une période de fatigue expérimentalement provoquée et entretenue, l'action renforçatrice qu'exercent sur les contractions des fibres cardiaques, de faibles concentrations en substances digitaliques.

Mes recherches sur le mécanisme d'action de ces glucosides ont été complétées en utilisant, non pas des organes réactifs d'origine animale, mais 8 muscles papillaires humains. Deux provenaient d'un cœur de fœtus âgé de 5 mois. Six furent prélevés quelques instants après la mort, sur le cœur de deux hommes guillotinés, âgés respectivement de 26 et 38 ans.

Voici à titre d'exemples les résumés de deux de mes observations :

Dans les conditions expérimentales où j'ai coutume d'opérer (²), un muscle papillaire fœtal présenta 24 heures après l'avortement maternel des *mouvements automatiques* qui se poursuivirent pendant près de 2 heures. Après une phase préparatoire de fatigue spontanée d'une durée de 35 minutes, qui eut pour

(³) Les auteurs fort compétents (W. P. Pycraft, 1901; E. D. van Oort, 1904), qui ont décrit le rachis de l'Émeu, indiquent un nombre de vertèbres caudales inférieur au mien, ce qui tient surtout au fait que certaines de ces vertèbres intimement soudées, chez l'adulte, sont alors difficiles à dénombrer.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

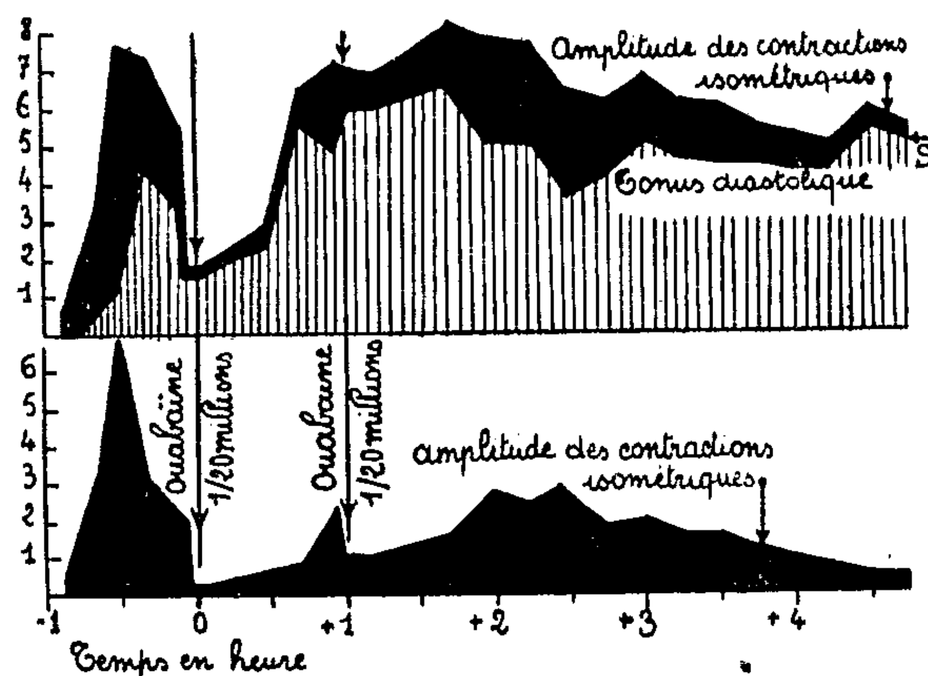
(¹) *J. Physiologie*, 40, 1948, p. 241-A et 244-A; *C. R. de la Soc. de Biol.*, 142, 1948, p. 793.

(²) *Diseases of the heart* (*The Macmillian Company*, New-York, 1934).

effet de diminuer l'amplitude des contractions, le liquide physiologique oxygéné et maintenu à 38°, dans lequel baignait la préparation, fut additionné d'ouabaïne à la concentration de 1 pour 20 millions. L'action de cette substance se manifesta alors *simultanément* par l'augmentation de la force des contractions isométriques, par l'élévation du tonus diastolique (diminution de longueur des fibres musculaires), ainsi que par le ralentissement du rythme des systoles (de 42 à 32 pulsations par minute).

Bien que les muscles papillaires d'homme adulte aient présenté plusieurs heures après la décapitation des mouvements automatiques, c'est sur les *contractions provoquées* par des excitations de courant induit de fréquence rythmée (48 par minute) que j'ai opéré. Certaines de ces préparations fonctionnaient encore plus de 30 heures après la mort. Sur l'une d'elles en particulier, l'ouabaïne, à la même concentration que celle qui fut active sur le muscle fœtal, augmenta *simultanément* le tonus diastolique et la force des contractions isométriques pendant près de 5 heures.

Le graphique ci-dessous illustre cette dernière expérience :



Expérience réalisée sur le muscle papillaire expérimentalement fatigué du cœur d'un homme adulte et montrant les effets de l'ouabaïne. La partie inférieure colorée en noir représente les variations d'amplitude des contractions isométriques. La partie supérieure exprime les modifications d'amplitude des contractions isométriques (partie noircie), s'exerçant sur un état de tonus diastolique (longueur des fibres musculaires) variable en cours d'expérience et représenté par la ligne de soutien désignée par la lettre S. Remarquer que le raccourcissement des fibres musculaires s'exprime sur le graphique par un élargissement de la plage hachurée. La période qui précède le temps O correspond à la phase préparatoire de fatigue. Après le temps O, poursuite des excitations fatigantes, mais en présence d'ouabaïne.

D'autres muscles papillaires humains se comportèrent d'une façon comparable à ce dernier, lorsqu'ils furent mis en contact avec de la digitaline ou de la scillarène aux mêmes concentrations.

Ces expériences permettent donc de conclure que les digitaliques exercent chez l'homme leur effet tonique sur le cœur déficient, non pas *isolément* en ralentissant le rythme des contractions [théorie de Lewis (²)], en raccourcissant

les fibres musculaires cardiaques c'est-à-dire en élevant le tonus diastolique [théorie de Cohn et Steele ([3])] ou en augmentant la force des contractions [théorie de Gold et Cattell ([4])], mais en exerçant sur le myocarde *directement* et *simultanément* ces trois actions.

C'est à ma connaissance, la première fois, qu'une théorie éclectique et cohérente du mécanisme d'action des digitaliques trouve d'une façon nette son fondement dans des faits expérimentaux observés sur du tissu cardiaque humain isolé.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Effet de la dissociation ionique sur l'absorption du rouge extrême du spectre visible par des substances colorantes.* Note (*) de M. **Jacob Segal**, présentée par M. Armand de Gramont.

Les observations précédemment publiées ([1]) nous ont permis d'établir une règle d'après laquelle les spectres d'absorption de toutes les matières colorées présentent un caractère commun, à savoir que le minimum d'absorption est situé dans le rouge extrême. Il semble prématuré, à l'heure actuelle, d'ébaucher une hypothèse tendant à expliquer pourquoi il est impossible de réaliser la structure moléculaire d'un colorant tel que son maximum d'absorption soit situé entre 680 et 800$^{m\mu}$, alors que le problème est entièrement résolu pour toute autre longueur d'onde visible. Pourtant, les quelques observations suivantes, semblent indiquer une voie où des recherches pourraient s'engager utilement.

L'étude de divers colorants à différentes concentrations a révélé que les déviations de la loi de Beer, habituellement constatées aux faibles dilutions, étaient plus marquées pour le rouge extrême que pour les autres couleurs. Partant de la supposition que ces déviations devaient être l'effet de la dissociation ionique, nous avons cherché à réaliser une série de conditions favorisant plus ou moins cette dissociation.

La figure résume à titre d'exemple les résultats obtenus avec le colorant organique *bleu azur*. Les absorptions y sont portées en logarithmes de la densité, c'est-à-dire en logarithme du logarithme du coefficient d'absorption : la forme de la courbe est alors indépendante de la concentration, sous la condition que la loi de Beer soit strictement valable; les changements de forme des courbes indiquent des modifications de structure moléculaire, auxquelles la loi de Beer ne s'applique pas. Puisque c'est uniquement la forme de la courbe

---

([3]) *J. clin. invest.*, **11**, 1932, p. 871.

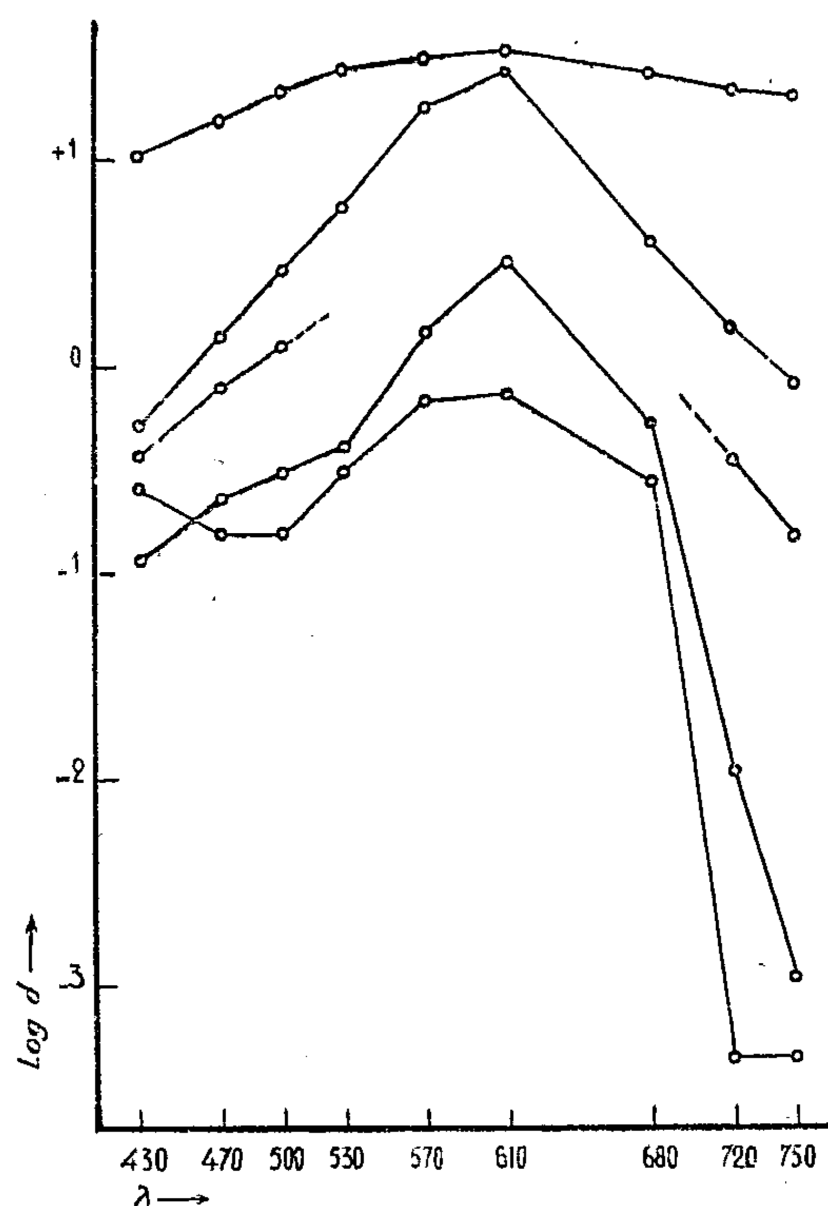
([4]) *Com.* XVIe *Cong. Intern. Physiologie Zurich*, 14-19 août 1938 (*Kongressbericht*, **2**, p. 183).

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 964-966 et **227**, 1948, p. 1266.

qui nous intéresse ici, nous avons décalé en hauteur, les diverses courbes de la figure pour en rendre la lecture plus facile.

De bas en haut, les courbes respectives correspondent à un accroissement de la dissociation. En bas, nous avons affaire à une solution du colorant dans de la glycérine commerciale contenant 3 % d'eau, ensuite à une solution aqueuse



à 0,02 %, dont il n'a pas été possible de mesurer la partie centrale à cause de sa grande opacité pour l'orangé et le vert. Au-dessus d'elle se trouve une courbe représentant également une solution aqueuse mais à 0,001 %, et enfin, le spectre d'absorption d'une suspension de particules solides du colorant dans du xylol. Le faible gradient de cette dernière courbe est dû au fait qu'une quantité notable de la lumière blanche filtre entre les particules et que les mesures se font nécessairement en lumière peu saturée.

On voit dans cette figure que l'absorption dans le rouge extrême varie systématiquement avec le degré de l'ionisation. La courbe baisse rapidement pour la glycérine anhydre, moins rapidement pour la glycérine commerciale, moins rapidement encore pour la solution aqueuse à 0,02 %. Pour la solution aqueuse à 0,001 %, la pente devient encore moins raide et, pour la première fois, la densité optique de la solution pour le rouge devient supérieure à la densité pour le violet. Ce dernier phénomène ne s'observe, d'ailleurs, que pour certains colorants bleus; dans la plupart des cas, la transparence reste plus

grande dans le rouge, à toutes les dilutions. Par contre, le rouge devient plus dense que le violet et même que le bleu dans les suspensions du colorant solide, et cela pour toutes les matières étudiées, même pour la *fuchsine acide*, colorant rouge par excellence, et pour des substances minérales colorées telles que le *permanganate de potassium*. Il semble permis de considérer ce phénomène comme une conséquence de l'ionisation totale des substances à l'état cristallisé.

Ces quelques observations permettent de conclure que la faible absorption dans le rouge extrême que nous pouvons observer résulte essentiellement de l'action perturbatrice que doivent exercer les valences libres des ions sur la périodicité électronique de la substance absorbante. Il semble donc que la véritable limitation du pouvoir absorbant vers les grandes longueurs d'onde est encore plus brusque et plus complète que ne le font supposer les mesures spectrométriques.

BIOMÉTRIE. — *Relation biométrique interspécifique dans la croissance des Oiseaux.* Note de M. **Léon Vaugien**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié comparativement, dans plusieurs espèces d'Oiseaux appartenant à des familles diverses, Phasianidés (Poulet de race «Bresse noire»; Dinde); Anatidés (Canard de Rouen; Oie); Columbidés (Pigeon de race *Mondain* moyen; Tourterelle *Streptopelia risoria*), Fringillidés (Serin; Moineau), la croissance relative de nombreux organes (foie, cœur, reins, encéphale, globe oculaire) et la croissance en longueur du membre postérieur.

Les relations successives d'hétérauxèse qui lient, dans chaque espèce, le log. du poids des organes au log. du poids du corps, définissent un certain nombre d'*étapes* (G. Teissier) de la croissance embryonnaire et post-embryonnaire. Ces étapes coïncident avec des *phases* (M. Abeloos) de la croissance globale en fonction du temps, que j'ai également étudiée chez la plupart des espèces.

Le mode de subdivision de la période de développement auquel m'ont conduit ces études se montre valable pour toutes les espèces envisagées. Le nombre des étapes est le même et les coefficients d'hétérauxèse (α) caractérisant les étapes correspondantes ont des valeurs très voisines. Les seules différences importantes qui aient été constatées se manifestent, dans la croissance relative de l'encéphale et du globe oculaire, entre les Oiseaux nidifuges (Phasianidés, Anatidés) et les nidicoles (Fringillidés, Columbidés). Le plan général de la croissance offre donc, dans le groupe des Oiseaux, une remarquable uniformité et l'on peut parler, en comparant deux espèces, d'une véritable *homologie* des étapes de la croissance embryonnaire et post-embryonnaire.

Lorsque l'on compare deux espèces appartenant à une même famille, la concordance des plans de croissance est encore plus étroite. Les coefficients d'hétérauxèse des étapes homologues sont toujours égaux : les lignes brisées représentant la croissance relative d'un même organe sont formées, dans les

deux espèces, par des segments deux à deux parallèles (ou confondus pour la première ou pour les deux premières étapes du développement). De plus, les étapes successives ont la même étendue relative dans les deux espèces comparées. Il en résulte que les lignes brisées représentatives sont, pour chaque organe, des figures semblables et géométriquement *homothétiques*. Le centre d'homothétie, commun à tous les organes, se situe, en général, sur la droite représentant la première étape. Le rapport d'homothétie a pour valeur 1,1 dans le cas de la Dinde et du Poulet.

De nombreuses données ont été, en outre, recueillies sur les adultes d'une trentaine d'espèces d'Oiseaux appartenant aux familles envisagées. Les points représentatifs correspondants s'alignent sur le dernier rayon d'homothétie des graphiques représentant la croissance relative dans la famille à laquelle appartient l'espèce (droites *isoneurales* de Lapicque, dans les cas de l'encéphale). Il est donc vraisemblable que la règle d'homothétie des courbes de croissance relative, établie pour deux espèces, s'applique à toutes les espèces d'une même famille.

Cette relation biométrique remarquable, qui régit l'évolution des caractères spécifiques de croissance à l'intérieur d'une même famille, peut s'exprimer de la façon suivante : *Pour deux espèces d'une même famille d'Oiseaux, le rapport d'accroissement d'un organe, au cours d'une étape quelconque de sa croissance relative, est égal au rapport d'accroissement du même organe dans l'étape homologue de l'autre espèce, affecté d'un exposant constant* (rapport d'homothétie), *qui définit les relations biométriques entre les deux espèces considérées.* La relation biométrique précédente signifie que, du point de vue de la croissance, les divergences spécifiques se manifestent à un stade très précoce et s'accentuent progressivement au cours des étapes successives du développement.

BIOMÉTRIE. — *Sur la croissance des pattes de la Blatte* (Blatta orientalis *L*). Note de M. **André Voy**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le développement post-embryonnaire de *Blatta orientalis* L. comporte six mues, correspondant à six âges successifs, non compris l'imago. L'accroissement de la longueur du corps en fonction de l'âge permet en général de fixer sans ambiguïté l'âge d'un individu quelconque d'une population. J'ai mesuré, aux divers âges, les longueurs de tous les articles des pattes et pris comme dimension type la moyenne d'un vingtaine d'individus.

Phases de la croissance. — Les longueurs totales des pattes des trois paires et les longueurs de leurs divers articles forment des progressions géométriques régulières pour l'ensemble des six âges larvaires de la femelle et pour les cinq premiers du mâle. Pour chaque dimension envisagée, ces progressions ont même raison dans les deux sexes.

Chez la femelle, les dimensions observées pour l'imago sont inférieures à celles que donnerait la progression géométrique valable pour les stades larvaires. La dernière mue (mue imaginale) correspond donc à une phase de croissance distincte de la phase larvaire, en relation avec la puberté.

Chez le mâle, une divergence analogue se manifeste dès l'avant-dernière mue (mue pré-imaginale). A la seconde phase de croissance, que j'appellerai *phase pré-imaginale*, pour ne pas préjuger de sa signification, correspondent donc deux âges chez le mâle et un seul chez la femelle. L'existence d'une telle phase pré-imaginale a été signalée par Padovani ([1]) chez *Mantis religiosa* L., où elle correspond aux deux dernières mues, et démontrée par Delsarte ([2]) chez les Corixides, où elle se réduit dans les deux sexes à la mue imaginale.

Profil de croissance des pattes. — Pour chaque dimension mesurée, la raison de la progression géométrique larvaire constitue un indice numérique de croissance relative. La répartition topographique de ces indices dans les divers articles d'une même patte indique le gradient ou profil de croissance de l'appendice. Ce profil présente, durant la phase larvaire, une allure analogue dans les trois paires de pattes et dans les deux sexes. Il comprend un maximum dans le trochanter, un minimum dans le 4e article du tarse et un second maximum dans le 5e article du tarse; les autres articles présentant des valeurs intermédiaires.

Durant la croissance pré-imaginale, le profil de croissance des pattes est encore le même dans les deux sexes et dans les trois paires de pattes, mais il offre un aspect tout différent du profil larvaire : il comprend un minimum dans le trochanter, un maximum dans le 1er article du tarse et un minimum à l'extrémité du tarse. Les différences régionales dans l'indice de croissance sont d'ailleurs plus accentuées qu'au cours de la croissance larvaire.

Pattes hypotypiques. — J'ai étudié également la croissance de pattes régénérées hypotypiques à tarse tétramère et constaté que leur profil de croissance est identique à celui des pattes normales. D'autre part, la comparaison d'un tarse dégénéré avec le tarse intact symétrique montre que, ni les deux premiers articles, ni le dernier ne sont réduits en longueur dans l'appendice régénéré; ils sont même souvent plus longs que les articles du tarse de la patte normale.

Il est donc très vraisemblable que c'est l'articulation séparant le 3e du 4e article d'un tarse normal qui fait défaut dans le tarse hypotypique. Il est remarquable de constater que cet avortement d'une articulation se produit dans la région minima du profil de croissance. Cette coïncidence est sans doute l'indice de l'influence directrice exercée par les gradients de croissance sur la morphogénèse.

([1]) *Contribution à l'étude de la croissance dysharmonique chez les Orthoptères. Thèse*, Marseille, 1943.

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1225.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Suppression des sexupares ailés et spanandrie chez* Brevicoryne brassicæ *L.* (*Hém.* Aphidinæ). Note de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le cycle de *B. brassicæ*, comme celui d'autres *Aphidinæ*, débute par une fondatrice qui est suivie de plusieurs générations d'aptères et d'ailés; il apparaît à l'automne des sexupares ailés, qui produisent des femelles sexuées, et des aptères qui engendrent des mâles (Herrick et Hungate, 1911).

D'après divers auteurs, les virginipares ailés produisent exclusivement des aptères et les aptères donnent naissance à une forte proportion d'ailés. J'ai pu obtenir sans difficulté des œufs d'hiver, à la lumière naturelle et à la température du laboratoire (moy. 19°), par l'élevage de plusieurs générations d'aptères à partir de la fondatrice. Par ailleurs, une lignée élevée à partir du 1er février 1946, dans les mêmes conditions que précédemment, en est actuellement à la 82e génération d'aptères, sans qu'il y ait eu une diminution de la fécondité; un pourcentage infime d'ailés a été noté dans quelques générations.

La suppression des sexupares ailés chez une espèce d'*Aphidinæ* qui en produit normalement ne paraît pas avoir été signalée jusqu'à maintenant. Elle s'obtient aisément, chez *B. brassicæ*, tout comme celle des virginipares ailés, si l'on prend la précaution d'éviter l'influence de l'*effet de groupe* (1) (2); suivant que l'on fait intervenir ou non ce facteur, il est possible d'obtenir des formes ailées ou des formes aptères.

Les sexupares ailés engendrent des aptères et des femelles, ainsi que le font la plupart des *Aphidinæ*, mais les sexupares aptères obtenus dans mes expériences ont engendré, soit des aptères et des mâles, soit des aptères, des femelles et des mâles, soit des femelles et des mâles, et même exclusivement des mâles. L'ordre de naissance est le suivant : d'abord des aptères, puis des femelles et finalement des mâles; il est exceptionnel que des virginipares aptères ou des femelles soient émis après des mâles. Les sexupares aptères, laissés en contact étroit avec leurs descendants pendant quelques jours, peuvent engendrer des virginipares ailés ou des sexupares ailés, en plus des formes mentionnées précédemment : ils peuvent donc produire, à l'exception des fondatrices, toutes les formes qui apparaissent dans le cycle annuel des *Aphidinæ*.

J'ai signalé (3) que la production des formes sexuées dépendait, pour une part, d'un facteur interne dont l'influence s'atténuait à la suite d'une repro-

(1) P. P. Grassé, *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 76, 1942, p. 347.

(2) L. Bonnemaison, *VIIIe Cong. Int. Ent. Stockholm*, 1948 (sous presse).

(3) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2093.

duction parthénogénétique de longue durée. La lignée faite à partir d'un aptère hivernant, récolté le 1er février 1946, avait donné 0,23 % de sexués (mâles et femelles) seulement pendant l'automne et l'hiver 1946-1947, et 0 % pendant l'hiver 1947-1948. L'élevage de cette lignée a été poursuivi cet automne, au laboratoire, en comparaison avec les descendants de deux fondatrices écloses l'une en 1947 et l'autre en 1948; ces deux dernières se sont éteintes entre la mi-octobre et le début de novembre, par la production exclusive de sexués, alors que la première n'a engendré que des virginipares aptères; l'élevage des aptères de cette lignée a été poursuivi et, pendant le mois de novembre, il est apparu 1,03 % de femelles sexuées, mais aucun mâle.

Ces faits sont à rapprocher des observations de P. Marchal ([4]) sur *Chermes pini* : la race indigène de ce Puceron se reproduit par parthénogénèse indéfinie, tout en produisant des femelles sexuées, mais pas de mâles (Spanandrie). Dans le cas présent, la spanandrie ne découle pas de la disparition des sexupares aptères, mais de la modification de leur descendance : les mâles sont remplacés par des virginipares ou des sexupares aptères. Il peut donc se créer une lignée d'où toute forme ailée, virginipare ou sexupare, a disparu; l'espèce peut persister cependant par voie sexuée, l'œuf pouvant être produit par un mâle et une femelle engendrés par la même mère, ou par voie uniquement parthénogénétique : il peut se constituer, dans ce dernier cas, une race physiologique particulière où la reproduction sexuée ne se manifeste plus que par l'apparition sporadique de femelles sexuées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'ioduration de peptones pepsiques.* Note de MM. **Jean Roche, Raymond Michel** et **D. P. Sadhu**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'action de l'iode sur les protéines donne naissance à la thyroxine, à la 3-monoiodo- et à la 3.5-diiodotyrosine [Ludwig et von Mutzenbecher ([1])]. Or, la formation de la première n'est pas alors seulement fonction de la teneur en tyrosine de la protéine étudiée. En effet, la caséine, l'insuline et la fibroïne, iodées par la méthode de Reineke, Williamson et Turner ([2]), renferment respectivement 1,8 — 1,4 et 0,4 % de thyroxine [valeurs moyennes dosées par la méthode de Roche et Michel ([3])], tandis que leurs teneurs en tyrosine avant halogénation sont égales à 7,2 % pour la première et à 12,0 % pour les deux dernières ([4]). Tout se passe comme si certains restes de tyrosine pouvaient

([4]) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 295.

([1]) *Ztschr. f. physiol. Chem.*, 147, 1939, p. 195.

([2]) *J. biol. Chem.*, 147, 1943, p. 115.

([3]) *Biochim. et biophys. Act.*, 1, 1947, p. 335.

([4]) J. Roche, R. Michel et M. Lafon, *Biochim. et biophys. Act.*, 1, 1947, p. 453; R. Michel et R. Pitt Rivers, *Ibid.*, 2, p. 223.

seuls se condenser après ioduration pour donner naissance à la thyroxine, les autres demeurant à l'état de diiodotyrosine; aussi la réactivité des uns et des autres est-elle probablement liée à la structure de la protéine qui les renferme, en particulier à leur proximité dans celle-ci. L'étude de la formation de thyroxine à partir des produits de l'hydrolyse pepsique des protéines, laquelle paraît libérer des molécules de tyrosine occupant l'extrémité de chaînes peptidiques (Bergmann), devait permettre de contrôler la validité de cette hypothèse. Le but de cette Note est de résumer les recherches que nous avons poursuivies à cet égard sur l'ioduration de peptones pepsiques.

De la caséine pure (Vache) a été soumise pendant trois jours à l'action de la pepsine à pH = 1,5 et à 37° et la tyrosine libérée en a été séparée par précipitation à pH = 5,7 (25 heures à 0°). Des peptones de teneurs diverses en tyrosine ([5]) ont été isolées par addition au milieu d'éthanol à 95° (4 volumes), séchées sur anhydride phosphorique et iodées dans les conditions optima adoptées par Reineke et ses collaborateurs ([6]) pour la préparation des iodoprotéines. La thyroxine a été dosée ([3]) sur une partie aliquote du milieu réactionnel et nous avons ensuite fractionné, par addition de six volumes d'éthanol à 95°, l'iodopeptone obtenue en deux produits, l'un soluble, l'autre insoluble dans le mélange hydroalcoolique (éthanol à 81°,5). La thyroxine a été dosée dans le premier et dans le second, dont on a par ailleurs déterminé la teneur en diiodotyrosine ([3]) et en iode total (Leipert). Les données établies sur six peptones ont été rassemblées dans le tableau I.

TABLEAU I. — *Teneurs en thyroxine et en diiodotyrosine de diverses iodopeptones.*

N° et teneur en tyrosine de la peptone non iodée initiale.	Atomes I mis en œuvre par molécule de tyrosine.	Thyroxine % de l'iodo-peptone totale.	Pourcentage de l'iodopeptone insoluble (éthanol 81°,5) en iode.	thyroxine.	diiodotyrosine.	Thyroxine % de l'iodopeptone soluble (éthanol 81°,5).
(I) 1,00	6,4	–	1,37	<0,02	–	–
(II) 1,48	5,5	–	1,33	<0,03	–	–
(III) 1,92	6,1	–	1,91	0,03	1,77	–
(IV) 1,07	5,7	0,04	1,09	<0,02	0,89	0,05
(V) 1,21	5,9	–	0,97	0,03	0,97	0,07
(VI) 2,70	2,7	0,05	1,03	0,04	1,00	0,06
(VI) 2,70	7,1	0,14	2,72	0,11	2,25	0,14
(VI) 2,70	10,1	0,07	3,19	0,10	2,38	0,06

L'examen de ce tableau permet les conclusions suivantes : La fixation de l'iode par les peptones de caséine étudiées conduit à la formation de

([5]) La tyrosine a été dosée dans ces produits par la méthode de J.-W. H. LUGG, *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 775.

([6]) Action de l'iode (6 atomes I environ par molécule de tyrosine présente dans la protéine) pendant 2 heures à 37°, puis 18 heures à 70°, à pH = 7,4.

diiodotyrosine et à celle de traces de thyroxine, dans les conditions où la protéine dont elles dérivent s'enrichit en cette dernière de manière beaucoup plus importante. En effet, la valeur du rapport $\frac{\text{thyroxine formée \%}}{\text{tyrosine \% initialement présente}}$, égale à 0,25 environ dans le cas de la caséine ([4]), ne dépasse pas 0,044 dans le cas des iodopeptones de celle-ci. Il en découle que les fractions de la molécule de caséine que nous avons isolées à l'état de peptone sont bien aptes à fixer de l'iode sur la tyrosine qu'elles renferment, mais que la diiodotyrosine ne s'y transforme en thyroxine que dans une proportion minime.

Cette observation mérite d'être rapprochée de deux autres. D'une part, la thyroxine est localisée dans des régions des molécules d'iodoprotéines naturelles (thyroglobulines) ou artificielles distinctes de celles qui sont riches en diiodotyrosine; en effet, l'hydrolyse alcaline ou enzymatique partielle de ces protéines libère un mélange de peptones dont la plupart ne renferment qu'un seul des deux dérivés iodés (peptones dites de thyroxine ou de diiodotyrosine) [Lermann et Salter; Rauch ([7])]. D'autre part, comme nous l'avons déjà signalé, l'ioduration de certaines protéines riches en tyrosine (fibroïne), transforme la quasi-totalité de cette dernière en diiodotyrosine, alors que d'autres protéines (caséine, thyroglobuline, zéine) donnent en outre naissance à des quantités relativement importantes de thyroxine ([4]).

L'ensemble de ces faits relève d'une même interprétation, à savoir : que la formation de la thyroxine est liée à la position des restes de tyrosine y participant et que toutes les molécules de cet acide aminé ne sont pas équivalentes à cet égard dans les chaînes peptidiques dont l'association constitue une protéine. On peut espérer mettre à profit ces observations pour orienter des recherches sur la répartition spatiale et le mode de combinaison de la tyrosine dans les molécules protéiques.

MICROBIOLOGIE. — *Présence dans les* jus bruts *de culture et dans les extraits trichloroacétiques du mycélium d'*Actinomyces griseus *d'un antibiotique différent de la streptomycine et de la griséine*. Note (*) de Mme **Françoise Grunbach**, MM. **Émile Arquié**, **Pierre Goret**, **Fernand Boyer** et **Charles Flachat**, présentée par M. Jacques Trefouël.

Au cours de nos recherches portant sur l'extraction trichloroacétique d'un antibiotique du mycélium d'*Actinomyces griseus* ([1]), nous avons été frappés par le fait que la filtration sur bougie L 3 des jus bruts de culture et des extraits

([7]) J. Lermann et W. T. Salter, *Endocrinology*, 25, 1939, p. 712; Rauch, *Thèse Doct. Med.*, Berne, 1945, 1 vol., 76 p., *Graph. Anstald Schule.*

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 952; 226, 1948, p. 2011 et 2096.

de voile, modifiait, souvent de façon très importante, l'activité antibiotique vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* sans modifier sensiblement son activité vis-à-vis de *Klebsiella pneumoniæ*. Nous avons donc pratiqué systématiquement sur différentes souches le double titrage de l'activité antibiotique des jus et des extraits de voile d'Actinomyces, *filtrés* et *non filtrés*, vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* (L) et de *Klebsiella pneumoniæ* (Dumas) pris comme germes test. (La streptomycine n'est pas retenue sur L 3.) L'examen du tableau suivant qui résume quelques-uns de nos essais sur les jus bruts fait ressortir que : 1° pour certaines souches, on note de grandes différences, dans le titre en antibiotique, avant et après filtration; 2° ces différences portent uniquement sur l'activité vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*; 3° le taux antistaphylococcique après filtration se rapproche du titre antibiotique relevé vis-à-vis de *Klebsiella pneumoniæ*; 4° cette différence ne se manifeste pas pour toutes les souches.

5° Une même souche (souche D) et ses variétés (par exemple D 21, 48) peut se comporter différemment, du point de vue qui nous occupe, au cours des différents repiquages ou traitements subis.

	Unités streptomycine par cm³ de milieu (jus bruts). Titrage par la méthode des dilutions.			
	Staphylo. aureus (Oxf.).		*Kleb. pneumoniæ* (Dumas).	
Souches.	Non filtré.	Filtré.	Non filtré.	Filtré.
D 21	500	50	50	50
Mélange 22-1-48	310	125	50	30
Garches	375	250	400	400
D	625	125	84	80
U. R. S. S.	500	125	84	80
122 H. 57 A	415	166	200	200
122 H. Q 3	500	70	75	75

On relève des différences analogues et un même comportement des souches lors du titrage des extraits trichloroacétiques de mycélium comme l'indique le tableau suivant qui donne les plus démonstratifs de nos essais.

	Unités Streptomycine par cm³ d'extrait tricholoroacétique de voile.			
	Staphylo. aureus (Oxf).		*Kleb. pneumoniæ* (Dumas).	
Souches.	Non filtré.	Filtré.	Non filtré.	Filtré.
D	600	300	300	300
48 E. (21-9)	1250	625	200	200
48 E. (9-10)	1500	1000	500	400

Il apparaît donc que la filtration retient une substance active vis-à-vis des germes gram-positifs (staphylocoque), substance existant dans le milieu de culture et dans le voile, à côté de la streptomycine, différente de celle-ci et de

la griséine (activité sur gram + et gram —). Cette substance est également retenue par le charbon mais n'est pas éluée par l'alcool-acide comme la streptomycine. En effet, le titrage de l'éluat et ultérieurement de l'extrait purifié, conduit aux mêmes chiffres, qu'il s'agisse d'extrait filtré ou non filtré, vis-à-vis de *St. aureus* et de *Klebsiella pneumoniæ;* on n'a donc extrait que la streptomycine par l'alcool-acide.

L'activité sur le bacille tuberculeux n'est pas modifiée du fait de cette substance. Nous avons recherché sur une souche s'il y a un moment optimum de production de cette substance aux différents stades de développement de la culture. Il semble que la production de cette substance varie dans de larges limites avec l'âge de la culture et au cours de l'évolution de celle-ci.

Soulignons, enfin, que si l'on observe le plus souvent une nette discordance entre la présence de cette substance dans le voile et sa présence dans le jus sous-jacent, à certains stades de la culture, cependant, on retrouve les mêmes substances présentes dans le milieu de culture et dans le voile.

En résumé : nos recherches tendent à démontrer que nous sommes en présence d'une substance antibiotique produite en même temps que la streptomycine, par les mêmes souches et en quantité variable suivant la souche, active vis-à-vis des germes gram positifs et sans action sur le bacille tuberculeux (B. C. G.), retenue par la bougie L3 et adsorbée par le charbon.

Ces constatations rappellent celles récemment faites par Waksman et Henrici [2]. Toutefois, nous ne pensons pas, comme ces auteurs, que les souches d'*Actinomyces griseus* puissent être rigoureusement classées en : non productrices d'antibiotiques; productrices de streptomycine et d'autres antibiotiques (dont une substance anti gram + dans le mycélium); productrices de griséine. Il nous semble au contraire, que la production de la substance anti gram + dépende, non seulement de la souche mais de l'évolution de celle-ci. Cette évolution peut être rapide au cours de la culture et des traitements divers subis, ou à plus longue échéance, dans le temps.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Analyse des thrombogrammes par la méthode des probits; leur ajustement à l'aide des courbes de Pearson.* Note (*) de M. **Ivan Bertrand** et M[lle] **Denise Quivy**, présentée par M. Léon Binet.

Le thrombogramme obtenu lorsqu'on enregistre en fonction du temps les variations d'opacité d'un milieu en voie de coagulation consiste habituellement, rappelons-le, en un tracé sigmoïde compris entre deux asymptotes.

L'analogie de forme entre ce thrombogramme et la courbe en ogive de

---

(2) *Journ. Bact.*, 56, 1948, p. 259.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

Galton, intégrale de la fonction normale ou gaussienne de distribution de fréquence, nous a amenés à la considérer comme une courbe cumulative d'opacités élémentaires. Basé sur cette hypothèse, un artifice analytique (qui consiste à remplacer les opacités observées par les pourcentages de l'opacité différentielle totale, puis à traduire ceux-ci en unités de probabilité) nous a permis de transformer le tracé sigmoïde opacité-temps en un diagramme linéaire probabilité-temps; c'est du moins ce qui se produit dans la majorité des cas, à la condition de négliger les portions extrêmes.

Mais si nous ajoutons au plasma une quantité élevée d'inhibiteur (6 à 10 γ d'héparine, par exemple), la partie centrale du diagramme cesse alors d'être linéaire; il existe en deçà et au delà du probit 5 (probabilité de 50 %) une sorte de cassure nécessitant deux droites pour un ajustement acceptable. La linéarité du thrombogramme correspondant par définition à une distribution normale, nous avons pu expliquer la forte inclinaison, et surtout l'étirement terminal des plasmas fortement héparinés, par une distribution oblique ou asymétrique [1].

Interprétation des diagrammes probits-temps. — Dans un second stade de nos recherches, tous nos diagrammes probits-temps étant étudiés dans l'intervalle compris entre probits 3 et 7 (probabilités de 2,3 % et 97,7 %), nous avons constaté, tenant ainsi un compte plus exact des opacités initiale et finale, que ces diagrammes peuvent revêtir des formes très diverses, alors que le thrombogramme opacité-temps est toujours sigmoïde. Les aspects coudés sont la règle; les coudures multiples peuvent aboutir à une forme en baïonnette ou, au contraire, à une ligne brisée concave.

En comparant nos distributions d'opacité avec les types de distribution anormale relevés dans les publications et traités par nous suivant la méthode des probits, nous avons observé qu'il y avait lieu de faire intervenir, dans l'étude des thrombogrammes, outre le coefficient d'obliquité, le coefficient de *curtosis*. Ce terme correspond, on le sait, à des types de distribution en cloche qui s'écartent de la normale en ce que le dôme est aplati (platycurtosis) ou au contraire exagérément saillant (leptocurtosis); ajoutons qu'en cas de normalité, le coefficient de curtosis est égal à 3.

Suivant l'aspect du diagramme probits-temps, il est facile de prévoir en quoi le thrombogramme diffère de l'intégrale gaussienne, et quelle est l'anomalie prédominante : asymétrie ou curtosis. Les règles d'estimation que nous proposons éviteront souvent des calculs longs et laborieux : *a*. une ligne brisée *concave* indique une prédominance de l'obliquité; si la concavité est tournée vers la droite, l'obliquité est positive; si la concavité est tournée vers la gauche, l'obliquité est négative; *b*. une ligne en *baïonnette* indique une prédominance

(1) Ivan Bertrand et D. Quivy, *J. de Physiologie*, 39, 1947, p. 483-491.

de curtosis : une baïonnette *dressée* correspond à un platycurtosis; une baïonnette *oblique vers la droite* à un leptocurtosis ; *c*. des *tracés à coudure unique* ne sont généralement pas concluants; ils peuvent être considérés comme des formes limites, ou comme des segments tronqués des différents types précédents. Dans ces cas, le calcul des moments s'impose, et il indique une forte asymétrie.

Le polymorphisme des diagrammes et la multiplicité des valeurs trouvées pour les coefficients d'obliquité et de curtosis rendaient difficile le classement des thrombogrammes. Nous pouvions seulement affirmer qu'il s'agissait dans tous les cas d'une distribution d'opacités élémentaires, unimodale et continue, présentant un degré très variable d'asymétrie et de curtosis.

Ajustement à l'aide des courbes de Pearson. — C'est alors que nous avons pensé à nous servir des courbes de Pearson, utilisables dans presque tous les problèmes de biométrie. La détermination du type de Pearson qui correspond à une distribution donnée d'opacité nous a permis de classer des thrombogrammes qui, au premier abord, présentaient un aspect sigmoïde similaire.

Sans entrer ici dans le détail de l'analyse statistique que nous avons appliquée à 18 thrombogrammes choisis comme représentatifs, nous signalerons simplement que *dans tous les cas* les distributions d'opacité se ramènent essentiellement aux types I (I_1 ou J_1) et IV.

Si ceux-ci diffèrent nettement au point de vue analytique, peut-on dire qu'ils répondent à des conditions physiologiques différentes ? D'une manière générale, il semble que les agents thrombocinétiques les plus actifs déterminent la variété I_1, les moins actifs la variété J_1; toutes ces courbes sont nettement limitées à leurs extrémités. Quant aux inhibiteurs, ils sont souvent figurés par le type IV, présentant deux branches infinies ou asymptotiques, qui traduisent des coagulations extrêmement lentes, dont il est souvent difficile et arbitraire de préciser le début et la fin.

Ces quelques indications ne doivent toutefois pas être généralisées; différentes anomalies ont pu en effet être relevées, parmi les 18 cas analysés. Les exceptions sont fort prévisibles, étant donnée la complexité du milieu étudié. Par suite de la dilution nécessaire, l'équilibre protéique du plasma peut être déplacé en faveur des inhibiteurs ou des activateurs endogènes. Si, de plus, on réalise un apport exogène d'anticoagulant ou d'agent thrombocinétique (extrait d'organe renfermant lui-même des composés d'activité contraire), on conçoit l'extraordinaire complication de ces multiples réactions élémentaires, dont le thrombogramme exprime l'intégration.

La séance est levée à 16^h.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JANVIER 1949

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 4 janvier 1949, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Pierre-Paul Grassé** pour occuper, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, la place vacante par l'élection de M. *Robert Courrier* aux fonctions de Secrétaire perpétuel.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Pierre-Paul Grassé** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Carl Osten Bergstrand**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu le 27 septembre 1948, et celui de M. **Torsten Carleman**, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Stockholm, le 11 janvier 1949.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Observations préliminaires sur une grave maladie du Palmier à huile sévissant au Congo français.* Note de MM. **Roger Heim** et **André Bachy**.

Chargés par l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale et par l'Institut de Recherches pour les Huiles de Palme et Oléagineux de nous rendre au Congo français afin d'y étudier une grave affection du palmier à huile, nous avons pu réunir sur cette maladie, dite du *boyomi*, un certain nombre d'observations qui feront l'objet d'un travail d'ensemble. La présente Note n'a pour but que de donner connaissance des quelques premières remarques enregistrées à ce propos.

La maladie sévit à travers toute l'immense palmeraie d'Etoumbi qui réunit environ 220000 palmiers, exerçant ses ravages sur des zones diverses,

qu'interceptent des étendues saines ou à peine atteintes. Elle est apparemment très reconnaissable à la coloration *jaune orangé vif* d'une partie de l'ensemble des palmes extérieures et moyennes tandis que, par ailleurs, les palmes les plus externes peu à peu se dépouillent de leurs folioles, réduites alors à la base de leurs nervures principales. Ainsi, les palmiers atteints présentent une couronne extérieure de palmes dénudées, souvent mortes, en *arêtes de poisson*, surmontées généralement d'une couronne de palmes vivantes, mais dorées, qui circonscrivent elles-mêmes le plumet terminal d'apparence normale. La brisure fréquente des rachis donne enfin à l'arbre un aspect désolé, les palmes, retournées, pendant au long du stipe.

La *virose orangée* ne paraît présenter un caractère extensif, épidémique et grave, que dans la région équatoriale du Moyen Congo : depuis Evo jusqu'à Lebango, en passant par Okelentaka, Etoumbi et Ebana, et d'Ololi aux abords de N'Tokou par Makoua et Obondjo, bien entendu dans la plantation même d'Etoumbi, par larges plages, à Ebana et à Lebango entre autres. Des pieds isolés, présentant la même coloration particulière, se montrent çà et là au long de la ligne du Congo-Océan. Enfin, cette même apparence frappe encore de nombreux palmiers plus au Nord, en direction et jusqu'à proximité d'Ouesso, en lisière de la grande forêt de l'Est gabonais.

A côté de ces symptômes pigmentaires qui rappellent *a priori* un virus, et qui correspondent au *plant failure* que Wardlaw (¹) au Congo belge attribue *provisoirement* à une déficience du sol en oligo-éléments, il convient de préciser les manifestations de la *nécrose du rachis* qui, elle, nous paraît très répandue dans tout le secteur du Moyen Congo. Elle se manifeste par une nécrose brun noir, rectiligne, vasculaire, localisée au rachis, débutant dans la partie subterminale, plus rarement terminale de cet axe, progressant peu à peu au long des mêmes fibres vasculaires vers la base du rachis qu'elle atteint rarement et par laquelle elle ne pénètre qu'exceptionnellement dans le bulbe lui-même. Un mycélium se montre parfois à l'intérieur des vaisseaux du bois, provoquant alors une exsudation gommeuse et des thylles amenant l'arrêt circulatoire et la dessiccation des folioles. La nécrose peut s'étendre au liber, sclérenchyme et moelle.

La porte d'entrée de cette affection a fait l'objet de nos préoccupations. Nous avons essayé de la mettre en évidence après avoir établi, de façon indubitable, que c'était bien de *l'extrémité vers la base du rachis* que se manifestait le sens de progression du mal. Il nous a été impossible d'établir une corrélation entre cette nécrose et la présence de plages mycosiques superficielles provoquées par des attaques de champignons produisant par ailleurs des méfaits, très localisés, sur les rachis ou les folioles, surtout les *Pestalozzia palmarum* Cke., *Cercospora*

(¹) C. W. WARDLAW, *Observations on diseases on the oil palm in the Belgian Congo*, Léopoldville, mai 1946.

palmicola Speg. et f. *stilbacea* (des fumagines aussi : *Parodiella glœosporidia* Steyaert, *Meliolinella palmicola* (Stev.) Hansford, *Meliola elæis* Stev., etc.). Mais un fait nouveau a été mis par nous en lumière : les nécroses vasculaires prennent souvent naissance au niveau de l'orifice et de la minuscule tache rousse provoqués sur le rachis par la piqûre d'un insecte qui pourrait être la punaise *Atelocera lata* Westwood ([2]).

La pénétration du rostre de cet insecte, dont nous avons pu saisir exactement le trajet, concorde avec une nécrose primitive diffusant autour de la blessure, par la suite se propageant au long des vaisseaux. Nous avons constaté également mais rarement des nécroses vasculaires rachidiennes venant directement des vaisseaux de la nervure centrale de folioles manifestant un début de dessiccation.

De nos observations il résulte encore : 1° que dans tous les cas de palmiers atteints de *failure* orangée, la coloration typique des folioles est accompagnée sur le même pied d'une nécrose du rachis des palmes immédiatement inférieures, qui manifestent de façon plus ou moins perceptible un début de dessiccation terminale ou foliolaire. Au fur et à mesure que les caractères de cette dessiccation sont plus accusés, la nécrose est plus profonde, provoquant à la fois des méfaits plus étendus en section et en longueur; 2° que cette nécrose rachidienne est décelable sur des arbres ne présentant pas par ailleurs l'aspect caractéristique de ce *plant failure*, notamment dans des régions où cette affection chlorotique ne se manifeste pas (Brazzaville, plateaux Batékés), mais alors la nécrose ne touche qu'à des fibres vasculaires très peu nombreuses; elle est donc là très localisée en section, mais généralement assez étendue en longueur.

Il nous paraît probable que la trachéomycose du rachis, qui atteint ainsi, dans une grande partie du Congo français, de très nombreux *Elæis* d'au moins 10 ans, est due au *Fusarium bulbigenum* Cke. et Mass. var. *tracheiphilum* (E. F. Smith) Wr. puisque nous avons pu obtenir, à plusieurs reprises, en culture pure, à partir de prélèvements dans les cellules atteintes, cette espèce fusarienne dont le mycélium rappelle celui qui circule dans les vaisseaux. Mais l'étude approfondie des caractères de plusieurs *Fusarium*, systématiquement très voisins (*bulbigenum*, *oxysporum*, etc.), isolés du rachis, des racines et des sols, dans les palmeraies congolaises, nous incite à penser qu'on est en présence d'espèces associées ou cohabitantes dont origine et pouvoir pathogène sont distincts.

Restait à savoir si le *boyomi* était identique au *wilt* qui sévit au Congo belge sur l'*Elæis*. Nos observations ne concordent pas à cet égard avec celles de Wardlaw sur les points suivants :

1° Le *wilt du bulbe* n'a pas, au Congo français, l'importance qu'on lui attribue au Congo belge; il est une affection *momentanée* des *tout jeunes Elæis*

([2]) Détermination de M. P. Vayssière.

et provoque alors le jaunissement d'une partie de leurs feuilles, coïncidant avec une nécrose locale bulbaire apparaissant sous l'aspect d'un brunissement puis d'un noircissement des vaisseaux, brunissement non seulement divergent et ascendant, mais surtout horizontal, *ne gagnant qu'exceptionnellement les bases des rachis et le stipe*.

2° Ce wilt semble aussi se manifester, certes, sur de vieux arbres, mais il correspond là à un phénomène normal de brunissement du sclérenchyme, aucun organisme n'envahissant ici les vaisseaux.

3° La présence d'un *Fusarium*, voisin du *F. bulbigenum*, dans les bulbes jeunes, au Congo français, si elle confirme l'existence d'une trachéomycose radiculaire provoquant des thylles gommeux, ne saurait impliquer une parenté directe avec la nécrose du rachis.

4° La répartition de la *virose orangée* ne nous permet pas de retenir l'hypothèse selon laquelle elle serait sous la seule dépendance d'une insuffisance nutritive. La maladie se développe par contact et sa progression est continue dans l'espace. Elle se prolonge par des attaques graves de nécrose du rachis qui provoque peu à peu le dépouillement d'une partie de l'arbre. *Le complexe virose + nécrose agit sur la productivité mais n'entraîne jamais la mort de l'arbre*, contrairement à ce qui survient au Congo belge. Cet ensemble pathologique, malgré les ressemblances qui l'en rapprochent, ne peut donc être assimilé à la maladie qui sévit dans la colonie belge.

La *virose orangée* se rencontre dans la zone équatoriale infectée sur tous terrains : bord des fleuves, emplacement d'anciens villages non isolés, bordure de routes, lisières de forêt. Par contre, sur les plateaux Batékés, au sol si pauvre cependant, elle n'existe pas et les nécroses du rachis y sont exceptionnelles, celles du bulbe absentes. Nos observations récentes établissent que la contamination a gagné le Nord de la cuvette de la Likouala : elle s'observe tout au long de la route Makoua-Ouesso, s'interrompt pendant une cinquantaine de kilomètres avant Ouesso, pour reprendre à trois kilomètres de cette localité. Ainsi, la progression vers le Nord, à partir de la cuvette équatoriale, dans la zone de la grande forêt, sur terres *riches*, nous confirme dans cette hypothèse qu'on ne saurait réduire à une cause d'ordre seulement pédologique le *boyomi* : indéniablement, mais sans qu'on puisse écarter l'influence possible d'une carence en certains éléments du sol, cette affection traduit des symptômes de maladie infectieuse.

M. **André Danjon** fait hommage d'un Ouvrage intitulé *Tables des fonctions trigonométriques, Valeurs naturelles à six décimales de centième en centième du degré nonagésimal*, dont il est l'auteur.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui désigner une liste de deux ou trois candidats à chacun des postes suivants, vacants au Conservatoire national des Arts et Métiers : Direction du *Laboratoire d'essais* et *Chaire de Technique aéronautique*.

(Renvoi à une Commission composée des sections de mécanique et de physique générale et du Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.)

M. le **Maire de Beaumont-en-Auge** annonce l'intention de cette Commune de célébrer, le 23 mars 1949, le deuxième Centenaire de la naissance de **Pierre-Simon de Laplace** et demande l'autorisation de placer cette manifestation sous le patronage de l'Académie.

Cette proposition est acceptée.

M. **Paul Dumanois** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Louis Lumière*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Georges Champetier. *Les molécules géantes et leurs applications*.

2° Constantin Levaditi et Pierre Lépine. *Les ultravirus des maladies humaines*. Tomes I et II. Deuxième édition (présenté par M. Jacques Tréfouël).

3° Office national d'études et de recherches aéronautiques. *Tableaux de calculs et diagrammes relatifs aux ondes de chocs obliques en écoulements bidimensionnels*, par J. Nicolas et H. Audic.

MÉCANIQUE. — *Sur le mouvement relatif des corps solides*. Note (*) de MM. **Théophile de Donder** et **Frans-H. van den Dungen**, transmise par M. Émile Henriot.

1. Étudions par rapport à un trièdre inertial O, X^a, le mouvement d'un solide porteur d'un trièdre G, ξ^a. On a, entre les deux systèmes de coordonnées les relations

$$X^a = H^a_b \xi^b + X^a_G \qquad (a, b = 1, 2, 3)$$

dont les coefficients H doivent satisfaire à

$$G_{ab} H^a_r H^b_s = \gamma_{rs}$$

(*) Séance du 10 janvier 1949.

le tenseur G_{ab} définissant la métrique du trièdre *inertial* et γ_{rs} la métrique du trièdre *attaché au solide*.

Supposons maintenant qu'un trièdre o, x^a se meut par rapport au trièdre inertial dans un mouvement *connu*. Entre ce système de coordonnées et celui attaché au solide, on aura

$$x^a = h^a_b \xi^b + x^a_G$$

avec (¹)

$$g_{ab} h^a_r h^b_s = \gamma_{rs},$$

le tenseur g_{ab} définissant la métrique du trièdre o, x^a.

Si nous composons les trièdres O, X^a et o, x^a, nous aurons

$$X^a = k^a_b x^b + X^a_0$$

avec

$$G_{ab} k^a_r k^b_s = g_{rs}.$$

Les identités

$$X^a_G - X^a_0 = k^a_r x^r_G,$$
$$H^a_b = k^a_s h^s_b$$

sont immédiates.

2. Le mouvement du solide par rapport au trièdre *inertial* est régi par ***les équations aux dérivées variationnelles***

$$\frac{\delta \mathcal{L}}{\delta X^a_G} = 0, \qquad \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta H^a_b} = 0,$$

où la fonction lagrangienne $\mathcal{L}$ est la différence des énergies cinétique et potentielle augmentée de la somme des produits des multiplicateurs par les premiers membres des équations de liaisons (holonomes). On a, par exemple, pour le solide libre,

$$\mathcal{L} = E_{\text{cin}} - E_{\text{pot}} + \lambda^{rs}(G_{ab} H^a_r H^b_s - \gamma_{rs}).$$

Étudier le mouvement *relatif* du solide, revient à substituer aux variables X^a_G, H^a_b, les variables x^a_G, h^a_b. Or la variance des dérivées variationnelles exige que si l'on passe des variables y^α aux variables $y^{*\alpha}$, on ait (²) avec

$$\mathcal{L}^* = \mathcal{L},$$
$$\frac{\delta \mathcal{L}^*}{\delta y^{*\alpha}} = \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta y^\beta} \frac{\partial y^\beta}{\partial y^{*\alpha}} \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3).$$

On a ici

$$\frac{\delta \mathcal{L}^*}{\delta x^a_G} = \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta X^b_G} k^b_a, \qquad \frac{\delta \mathcal{L}^*}{\delta h^a_b} = \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta H^r_b} k^r_a.$$

On a donc, pour *équation du mouvement relatif*,

$$\frac{\delta \mathcal{L}^*}{\delta x^a_G} = 0, \qquad \frac{\delta \mathcal{L}^*}{\delta h^a_b} = 0, \quad .$$

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1017.

(²) TH. DE DONDER, *Théorie invariantive du Calcul des Variations*, Paris, 1935 [équations (442), p. 79 et (473), p. 84].

où $\mathcal{L}^*$ est la fonction lagrangienne du mouvement absolu *calculée en fonction des variables du mouvement* relatif.

3. Si l'on supposait d'abord le trièdre o, x^a *inertial*, les équations du mouvement feraient intervenir la fonction lagrangienne *relative* $\mathcal{L}_r$ différente de $\mathcal{L}^*$ par la substitution de E_{cin} *relative* à E_{cin} *absolue*. On a donc toujours

$$\mathcal{L}^* = \mathcal{L}_r + E_{cin} - (E_{cin})_r.$$

On peut mettre en équation un problème de mouvement *relatif* comme s'il s'agissait d'un mouvement *absolu à condition de retrancher de l'énergie potentielle le terme* $(E_{cin})_r - E_{cin}$ que l'on peut interpréter comme provenant des réactions d'inertie d'entraînement et de Coriolis. On peut encore dans ce calcul négliger les termes dont les dérivées variationnelles sont nulles. On retrouve dès lors aisément *les équations de Bour.*

ÉLASTICITÉ. — *Développement, effets et mesures des précontraintes superficielles des pièces de machine.* Note (*) de MM. **Jacques Pomey, Louis Abel** et **François Goutel**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous avons établi que lorsque les propriétés intrinsèques sont choisies pour correspondre à un métal malléable à cœur et dur dans les couches périphériques, le développement des contraintes en compression triaxiales au voisinage de la surface permet, s'il est convenablement réglé, d'améliorer les caractéristiques élastiques et l'endurance aux efforts alternés, car les contraintes dues à la seule action des forces extérieures sont toujours maxima en surface; en même temps, la dureté superficielle, la résilience, l'endurance à la fatigue et à la corrosion, sont relevées; la sensibilité aux effets d'entaille diminuée.

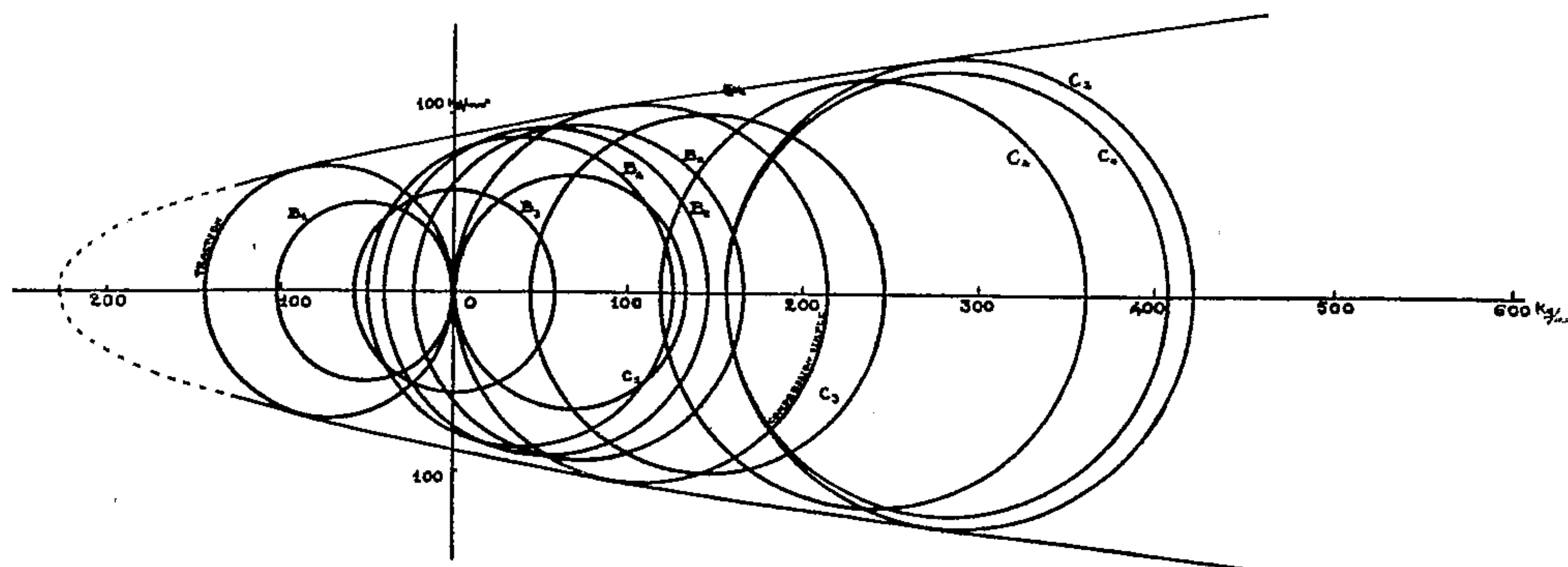
Le développement de cet état de précontraintes favorables dans les pièces d'acier peut être obtenu par voies thermiques, chimiques ou mécaniques; il peut ou non comporter la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$. Nous avons reconnu que la transformation austénite martensite, par suite de la formation à basse température d'un constituant dur à plus grand volume spécifique, est l'un des moyens les plus puissants pour développer des contraintes de compression élevées en même temps que des propriétés intrinsèques favorables dans les couches superficielles. Cette transformation est mise à profit non seulement au cours du traitement de la pièce, mais également dans la période de rodage (adaptation) modifiant localement les propriétés intrinsèques et le système de contraintes dans un sens favorable à la tenue de la pièce en service.

Les contraintes superficielles résiduelles dans les aciers trempés, ou cémentés trempés, prennent une importance considérable, de sorte qu'il est devenu indispensable de les déterminer. La méthode classique par enlèvement de

(*) Séance du 3 janvier 1949.

matière par couches concentriques d'une pièce cylindrique et mesure des déformations est déficiente dans le cas de durcissements superficiels en raison de l'impossibilité d'usiner, ou d'approcher suffisamment par usinage de la surface extérieure durcie. D'autre part, la mesure de la maille par diffraction de rayons X est imprécise dans le cas de structure martensitique en raison des contraintes microcristallines.

Nous avons mis au point une méthode basée sur la mesure de la limite élastique à la compression d'une bille sur la surface à étudier (supposée de faible courbure), ou dureté hertzienne, en prenant comme critère de la déformation permanente, la brusque diminution de résistance de contact. Le problème de Hertz, généralisé par M. F. Huber, permet la détermination du champ de contraintes soit dû à la pression exercée par la bille seule, soit dû à la superposition de l'action de la bille et des contraintes préalables, dans le cas le plus fréquent où celles-ci sont parallèles à la surface et où les deux contraintes principales sont égales. Le calcul montre que la limite élastique est atteinte à peu près simultanément en tous les points situés sous le cercle de contact de rayons a et à une profondeur de l'ordre $a/2$. Si l'état de contrainte imposé est connu, on peut construire le cercle de Mohr en ces points de la matière et leur enveloppe définit avec précision dans la région intéressante la courbe intrinsèque de A. Caquot relative au matériau étudié (*fig.*). Inversement, si la courbe



Acier eutectoïde au carbone chauffé 820°, trempé au sel 180°.
Disque d'épaisseur 1mm,85, dureté Vickers 586, contrainte préalable 74 kg/mm².

intrinsèque du matériau est connue, on peut construire les cercles de Mohr bitangents à la courbe intrinsèque et déduire la valeur de la contrainte résiduelle.

Comme pour un matériau donné, la relation entre la dureté hertzienne et la valeur de la précontrainte superficielle est univoque, il suffit de déterminer cette relation par des essais préliminaires pour pouvoir, sur une pièce du même matériau, déduire la valeur de la précontrainte en un point de la surface d'une seule mesure de la dureté hertzienne. Comme dans les conditions usuelles la

profondeur intéressée est de l'ordre de 17 microns; c'est une excellente méthode d'exploration des contraintes superficielles ou de détermination des propriétés intrinsèques d'une couche cémentée.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'influence de la déformation plastique sur le module d'élasticité.* Note (*) de MM. **Pierre Laurent** et **Michel Eudier**, présentée par M. Albert Caquot.

Au cours du fluage des métaux à charge constante, on constate une variation plus ou moins importante des caractéristiques mécaniques en fonction du temps; le module d'élasticité notamment est sensible à cet effet, ainsi que le montre l'étude d'un alliage Al-Cu à 9,7 % Cu pour une charge de 18 kg/mm² à la température ordinaire.

	Module d'élasticité (kg/mm²).	Allongement dû au fluage (%).
État initial	7300	0
Après application de la charge	7250	0
» 10 minutes sous charge	7200	0,025
» 3 heures »	7000	0,073
» 23 » »	6800	0,146
» 54 » »	6950	0,190
» 64 » »	6850	0,209

Cette variation ne peut être attribuée à la formation d'une texture, car la déformation due au fluage est trop faible pour que les cristaux aient changé d'orientation de manière sensible; de plus, dans le cas de cet alliage la direction [111] tendant à s'orienter dans le sens de la déformation, le module devrait croître.

Cette variation ne peut pas être attribuée à une modification physico-chimique se produisant au cours du fluage, car nous avons montré que dans les conditions d'essai cet alliage était stable ([1]). D'ailleurs un effet analogue est observé lors d'un écrouissage par traction :

Allongement en %.	Charge correspondante en kg/mm².	Module d'élasticité en kg/mm².
0	–	7,300
0,92	18,3	7,150
2	19,5	6,880
4	20,3	6,800
4,3	20,4	6,800
6	21,2	6,800
8	21,3	6,850

Ce dernier effet a déjà été constaté par Kawai ([2]).

(*) Séance du 3 janvier 1949.

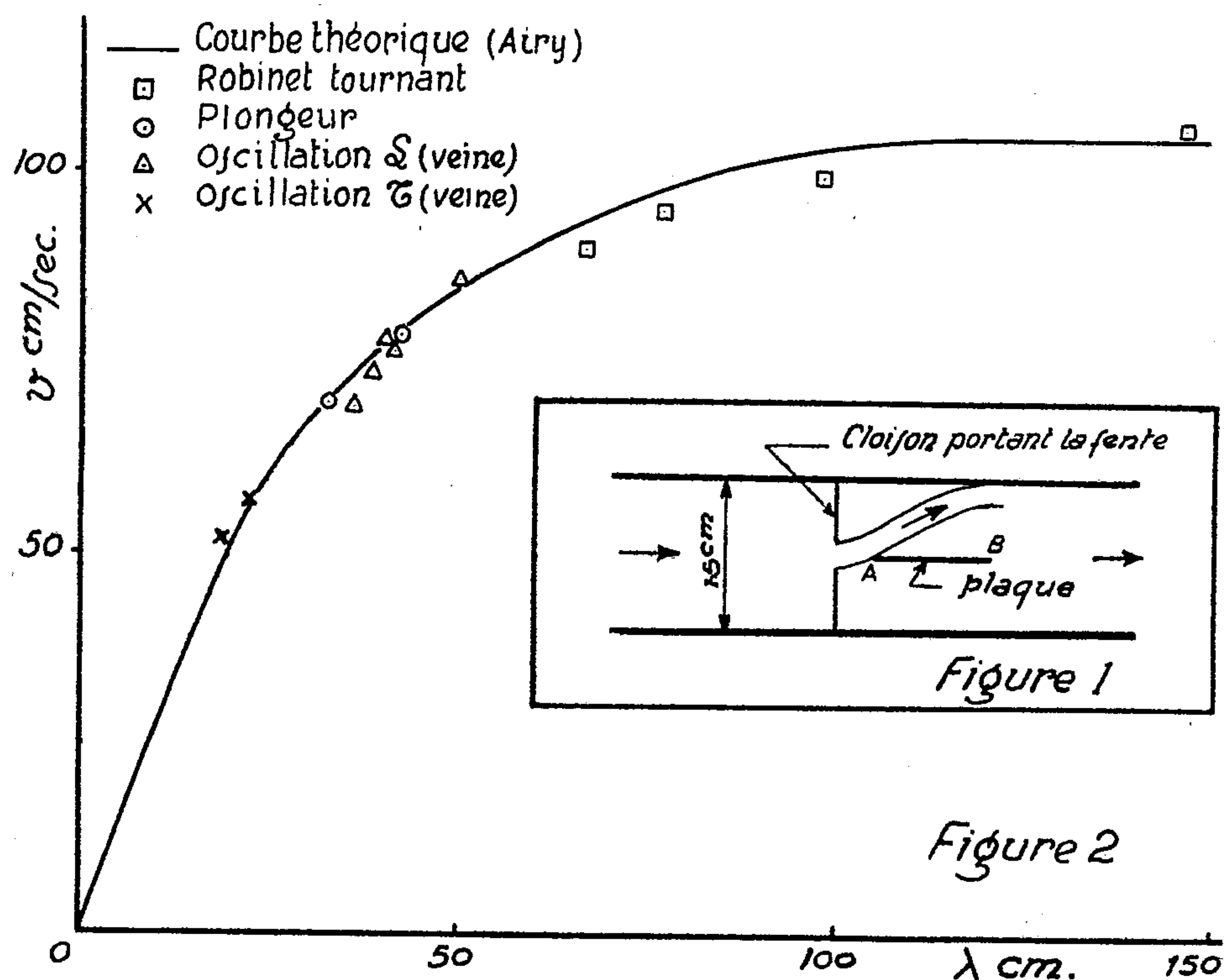
([1]) P. Laurent et M. Eudier, *R. Métallurgie*, 45, 1948, p. 415 (discussion).

([2]) *Sci. Reports*, 19, 1930, p. 209.

Nous pensons que l'augmentation finale du module résulte d'une modification de la texture de l'alliage, tandis que la diminution initiale est liée au mécanisme même de la déformation plastique. Nous montrerons dans une publication ultérieure que la chute du module d'élasticité est une mesure de la modification des interactions cristallines provoquée par la suppression des forces appliquées au métal.

HYDRAULIQUE. — *Sur les oscillations provoquées par une veine dans un canal sous l'influence d'un obstacle.* Note (*) de M. **Marcel Ricaud**, transmise par M. Charles Camichel.

Si l'on place perpendiculairement à l'axe d'une conduite ou d'un canal à section rectangulaire une cloison portant une fente à bords parallèles, normale au fond, la veine liquide issue de cette fente s'oriente sous l'influence de divers facteurs et en particulier d'obstacles, comme l'a montré M. Camichel.



En disposant convenablement à l'aval de la fente une plaque verticale AB, parallèle aux bords du canal et suivant son axe (*fig.* 1), on provoque des oscillations de la surface libre pouvant atteindre 15 % de la profondeur du canal.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

Pour que ces oscillations se produisent, le biseau amont A de l'obstacle doit se trouver dans la région assez limitée de la veine où les tourbillons marginaux ([1]) qui étaient séparés et concordants au sortir de la fente, sont venus au contact l'un de l'autre, état instable qui les rend alternés.

Quand l'oscillation est accrochée, l'aspect de la veine se modifie. On observe, à son contact, entre la fente et le biseau amont A de puissants tourbillons alternés, d'une régularité remarquable, accompagnant synchroniquement les oscillations de la surface libre.

Nous avons montré, par divers procédés, que ces oscillations sont la superposition sur l'écoulement normal de l'ouvrage de deux clapotis rectangulaires : l'un deux ($\mathcal{L}$) correspond à la direction de propagation parallèle aux bords du canal, le long de la plaque; l'autre ($\mathfrak{T}$) à une direction de propagation normale à l'axe du canal, le long de la cloison portant la fente. Le système ($\mathcal{L}$) peut comporter un seul ventre ou plusieurs, avec des nœuds intermédiaires, les ondes ($\mathcal{L}$) qui se produisent de chaque côté de la plaque étant décalées d'une demi-période. Le système ($\mathfrak{T}$) se réduit à un ventre à chaque paroi et un nœud dans l'axe du canal.

En particulier, nous avons mesuré la longueur d'onde λ directement sur le système d'ondes stationnaires ainsi que la période T et nous en avons déduit la célérité V. Les points expérimentaux ainsi obtenus tombent bien sur la courbe $V = f(\lambda)$ (*fig.* 2) construite d'après la formule d'Airy donnant la célérité de la houle

$$V = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} \operatorname{tgh} \frac{2\pi H}{\lambda}},$$

H étant la profondeur d'eau du canal.

Sur la même courbe on a porté les valeurs de la célérité V déduites de mesures effectuées sur un clapotis provoqué dans le même canal soit par des plongeurs, soit par un robinet tournant.

Nous avons constaté qu'on passe brusquement de l'un à l'autre des états vibratoires caractérisés par les systèmes ($\mathcal{L}$) de longueurs d'onde différentes, comme dans un tuyau sonore, en faisant varier régulièrement soit le débit, soit la longueur AB de la plaque. Pour chaque état : *a*. la période est indépendante du débit, sauf parfois une petite variation aux faibles débits; *b*. la période varie linéairement en fonction de la longueur de l'obstacle. Si cette longueur tend vers zéro, la période tend vers une limite finie qui est la période de l'oscillation ($\mathfrak{T}$) subsistant seule à la limite. La longueur minima de la plaque provoquant encore des oscillations a été de six millimètres.

L'ensemble fente-plaque obstacle-parois du canal, constitue en somme un résonateur dans lequel les systèmes ($\mathcal{L}$) et ($\mathfrak{T}$) peuvent prendre naissance et

---

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 348.

coexister en réagissant d'ailleurs l'un sur l'autre, le système ($\mathcal{L}$) prédominant avec les plaques longues et le système ($\mathcal{T}$) avec les plaques courtes. Le déclenchement des oscillations est produit par les tourbillons marginaux alternés de la veine.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les bases mathématiques de la théorie de la turbulence d'Heisenberg.* Note (*) de M. **Jean Bass**, présentée par M. Henri Villat.

Dans un Mémoire non encore publié, mais auquel divers auteurs se sont déjà référés ([1]), M. Heisenberg donne des résultats nouveaux sur la cinématique et la dynamique de la turbulence. Le point de départ mathématique consiste à développer les composantes de la vitesse en séries ou intégrales de Fourier ordinaires. On sait que cette technique de calcul conduit à des contradictions. Je me propose de montrer comment, *en conservant les idées,* on peut *transcrire les calculs* dans un formalisme rigoureux.

Hypothèses. — Turbulence *homogène, isotrope.* Fluide *incompressible.* Axes au repos par rapport au mouvement d'ensemble, supposé uniforme. La vitesse u_α et la pression p sont des *fonctions aléatoires* de la position $x(x_1, x_2, x_3)$ et du temps t, stationnaires par rapport à x, dérivables par rapport à x et à t. *Les moyennes sont stochastiques.* Les u_α, p vérifient les équations de Navier.

On sait alors que u_α, p sont des *intégrales de Fourier-Stieltjes stochastiques* étendues à l'espace des fréquences Λ :

$$(1) \qquad u_\alpha = \int_\Lambda e^{i\Sigma\lambda_p x_p}\, d\xi_\alpha, \qquad p = \int_\Lambda e^{i\Sigma\lambda_p x_p}\, dq,$$

$\xi_\alpha(\lambda, t)$ et $q(\lambda, t)$ étant, par rapport aux λ, un scalaire et un vecteur aléatoires à accroissements *orthogonaux.*

Cinématique. — On sait que le tenseur $R_{\alpha\beta} = \overline{u_\alpha(x, t)\, u_\beta(x+h, t)}$ est, dans le cas continu, transformé de Fourier d'un *tenseur spectral* $\varphi_{\alpha\beta}(\lambda, t)$. $\varphi_{\alpha\beta}$ s'exprime à l'aide de l'unique *fonction spectrale* $F(k) = 2\pi k^2 \Sigma\varphi_{\alpha\alpha}$, $k^2 = \Sigma\lambda_\alpha^2$, par l'intermédiaire des formules ([2])

$$(2) \qquad \frac{u_0^2}{2}(f+2g) = \int_0^\infty \frac{\sin rk}{rk} F(k)\, dk, \qquad F(k) = \frac{u_0^2}{2\pi}\int_0^\infty rk \sin rk (f+2g)\, dr.$$

(*) Séance du 10 janvier 1948.

([1]) En particulier, G.-K. Batchelor, *Nature*, 158, n° 4024, 1946, p. 883; Th. de Karman, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 2109.

([2]) Grâce aux formules de Karman et Howarth,

$$R_{\alpha\beta} = u_0^2\left[\frac{f-g}{r^2} h_\alpha h_\beta + g\,\delta_{\alpha\beta}\right], \qquad g = f + \frac{r}{2}\frac{df}{dr}, \qquad u_0^2 = \overline{u_\alpha^2}, \qquad r^2 = \Sigma x_\alpha^2.$$

les formules (2) sont un cas particulier de celles données par J. Kampé de Fériet pour la turbulence la plus générale (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 760).

Remarques sur le calcul de F. — L'énergie dissipée a pour expression $2\nu\int_0^\infty k^2 F(k)k$. Heisenberg suppose : 1° que l'énergie dissipée dans la sphère $\Sigma\lambda_\alpha^2 < k^2$ est indépendante de k (hypothèse de similitude de Weizsäcker); 2° qu'elle se répartit entre la viscosité et la turbulence suivant la formule

$$2(\nu+\nu_k)\int_0^k k'^2 F(k')\,dk', \qquad \text{avec} \quad \lim_{k=\infty} \nu_k = 0;$$

3° que $\nu_k = \int_k^\infty G\,dk'$, G fonction sans dimensions que $\sqrt{[F(k')/k'^3]}$; 4° que G se réduit au premier terme de son développement. D'où l'équation

$$(3)\qquad \left[\nu + A\int_k^\infty \sqrt{\frac{F(k')}{k'^3}}\,dk'\right]\int_0^k k'^2 F(k')\,dk' = \text{const.} \qquad (\text{A constante numérique}).$$

Heisenberg n'en donne qu'une solution approchée, distincte de la solution exacte $F(k) = \text{const. } K^{-5/3}[1+(k/k_0)^4]^{-4/3}$.

Dynamique. — En terme spectraux, les équations de Navier sont des équations différentielles stochastiques :

$$(4)\qquad d\dot{\xi}_\alpha(\lambda, t) = -i\sum_{\beta=1}^{3}\lambda_\beta\int_{\Lambda'} d\xi_\alpha^\star(\lambda'-\lambda, t)\,d\xi_\beta(\lambda', t) - \frac{i}{\rho}\lambda_\alpha\,dq(\lambda, t), \qquad \dot{\xi} = \frac{d\xi}{dt}.$$

$$(5)\qquad \sum_{\alpha=1}^{3}\lambda_\alpha\,d\xi_\alpha(\lambda, t) = 0 \qquad \text{ou} \qquad dq(\lambda, t) = -\frac{\rho}{k^2}\sum_{\alpha,\beta=1}^{3}\lambda_\alpha\lambda_\beta\int_{\Lambda'} d\xi_\alpha^\star(\lambda'-\lambda, t)\,d\xi_\beta(\lambda, t).$$

Transcrite en termes aléatoires, la méthode d'Heisenberg consiste à former $\Sigma\, d\xi_\alpha^\star d\dot{\xi}_\alpha$, d'où $\partial F/\partial t$, et, pour évaluer le second membre, à passer des moments d'ordre 3 des $d\xi_\alpha$ à des moments d'ordre 4 grâce à la non-linéarité de (4). Une hypothèse simple permet d'écrire $d\xi_\alpha(\lambda, t) = \int_0^\infty d\dot{\xi}_\alpha(\lambda, t-\tau)\,d\tau$. Tout revient ensuite à supposer les $d\dot{\xi}_\alpha$ *indépendants*, même à des instants différents. Si l'on pose

$$(6)\qquad C(k, t, \tau)\sum_{\alpha=1}^{3}\overline{|d\xi_\alpha(\lambda, t)|^2} = \sum_{\alpha=1}^{3}\overline{d\xi_\alpha^\star(\lambda, t)\,d\xi_\alpha(\lambda, t-\tau)},$$

on trouve, en négligeant la viscosité (petites valeurs de k, loi $F = \text{const. } k^{-5/3}$), et en notant que C est réel,

$$(7)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial F}{\partial t} = \dfrac{k}{4}\displaystyle\int_0^\infty d\tau\int_{k'=0}^\infty k'(k^2-k'^2)\,C(k, t, \tau)\,C(k', t, \tau)\,F(k, t)\,F(k', t)\,J(k, k')\,dk', \\ J(k, k') = \displaystyle\int_{-1}^{1}\frac{\zeta(1-\zeta^2)\,d\zeta}{k^2+k'^2-2kk'\zeta}. \end{cases}$$

Cette équation approchée relie les corrélations dans l'espace (fonction spectrale F) aux corrélations dans le temps (fonction C).

ULTRA-SONS. — *Répartition de l'énergie dans une suspension soumise aux ultra-sons.* Note (*) de M. **André Dognon** et Mlle **Yvonne Simonot**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans une Note précédente nous avons montré que si l'on augmente la concentration en hématies d'une suspension diluée (en milieu isotonique), la cavitation est empêchée et aussi l'hémolyse.

Nous avions indiqué, de plus, que la diminution de l'énergie globale absorbée, due à l'existence d'un milieu acoustiquement trouble, ne suffisait pas à justifier l'absence de ces phénomènes.

On pouvait cependant supposer que, le couple thermo-électrique mesurant un échauffement moyen, il existait, dans le cas des suspensions, une répartition très inégale de l'énergie entre les particules et le milieu. Si la plus grande partie de l'énergie est absorbée par les particules, il peut ne rester dans le milieu interparticulaire qu'une énergie inférieure au seuil de cavitation, sans que l'énergie globale en soit sensiblement affectée.

L'objet de la présente Note est de mettre en évidence une élévation thermique localisée aux particules; nous nous sommes servis pour cela de suspensions de paraffine et de levures, et des tests suivants de coloration.

1° *Test de coloration de la paraffine par le Rouge Soudan.* — Soit une suspension, faite à chaud, de paraffine fusible à 50° C. Après refroidissement, on disperse dans le milieu interparticulaire une solution alcoolique de Rouge Soudan; la coloration des particules n'aura lieu que si la température dépasse la température de fusion.

Résultats. — Après action des ultra-sons pendant 6 minutes sur une suspension dont on a maintenu la température à 40° C., l'examen microscopique montre un pourcentage élevé de sphères colorées. On peut même observer quelques sphères colorées alors que la température moyenne ne dépasse pas 30° C.

2° *Fixation de divers colorants par les levures : a. Hémoglobine.* — Les cellules de levure (diluées 6 fois à l'eau distillée) fixent totalement l'hémoglobine (à concentration convenable). Si elles ont été portées pendant quelques minutes à une température inférieure à 55° C., il n'y a rien de changé, mais si on les a portées à 55° C. pendant le même temps, le pouvoir fixant a totalement disparu; après centrifugation on observe donc, au-dessous de 55° C., un culot coloré en rouge surmonté d'un liquide incolore et au-dessus de cette température un culot blanc surmonté d'un liquide rouge.

Résultats. — Après action des ultra-sons pendant 6 minutes sur une suspension dont on a maintenu la température à 52° C., les levures ont totalement perdu leur pouvoir fixant vis-à-vis de l'hémoglobine tandis que le témoin la

(*) Séance du 10 janvier 1949.

fixe au contraire totalement. Les supensions maintenues à 41° C. perdent déjà partiellement leur pouvoir fixant; le début de cette action s'observe pour les suspensions portées à 30° C.

b. Bleu de méthylène. — Si l'on opère en tous points comme avec l'hémoglobine, les phénomènes de fixation paraissent se produire en sens inverse : c'est au-dessous de 55° C. que les levures ne semblent pas fixer le bleu et laissent le liquide surnageant bleu et c'est au-dessus de cette température qu'elles le fixent en laissant le liquide surnageant incolore.

Cette apparence s'explique par l'interférence de divers facteurs dans le détail desquels nous n'avons pas à rentrer ici.

Résultats. — Après action des ultra-sons pendant 6 minutes sur une suspension dont on a maintenu la température à 52° C., 41° et 30° C., on ajoute le bleu de méthylène, et l'on observe après centrifugation (pratiquée au bout de 1 heure) les apparences suivantes : dans le cas de la suspension portée à 52°, le liquide. surnageant est bleu et le culot de levures est incolore.

Dans le tube soumis aux ultra-sons, c'est l'inverse : le liquide surnageant est incolore et le culot de levure est bleu.

Dans le cas de la suspension portée à 41°, le tube soumis aux ultra-sons présente un culot bleu clair et un liquide surnageant bleu clair. Dans le cas de la suspension portée à 30° seulement, le liquide surnageant est plus pâle que dans le cas du témoin non soumis aux ultra-sons.

Conclusion. — Les ultra-sons, élèvent la température des particules de plusieurs degrés au-dessus de la température globale de la suspension.

ÉLECTRICITÉ. — *La variation de la force électromotrice de la pile à gaz avec la pression. Force électromotrice de la pile de concentration à oxygène.* Note (*) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

La formule classique, établie par la théorie cinétique de Nernst, pour la force électromotrice de la pile à gaz oxygène-hydrogène, est

$$E = \frac{3RT}{4} \ln kp,$$

k est une constante, p la pression des gaz.

La différence $E_1 - E_2$, entre les forces électromotrices de deux piles de pressions p_1, p_2 est donc

$$(1) \qquad E_1 - E_2 = \frac{3RT}{4} \ln \frac{p_1}{p_2} = 0{,}0188 \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

Mais la formule (1) n'est nullement vérifiée par l'expérience.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

L'appareil, complètement fermé, ayant servi à cette vérification est formé de deux branches inégales, en tube de $3^{mm},44$ de section, réunies par un tube capillaire, et remplies avec une solution d'acide sulfurique privée d'air.

Les gaz sous pression sont produits par électrolyse entre deux électrodes A en fil de platine poli. Connaissant le volume occupé par les gaz et la quantité d'électricité ayant traversé l'électrolyte, on en déduit la pression p des gaz. Pour chaque valeur de p, on mesure la force électromotrice E', entre les deux électrodes B, en fil de platine platiné. Les résultats sont les suivants :

p (atm.)	1,31	6,45	14,70	26,20	39,20	49,70
E' (volt)	1,059	1,141	1,182	1,209	1,230	1,242

Ces résultats satisfont, aux erreurs d'expérience près, à la formule

$$E'_1 - E'_2 = 0,0508 \ln \frac{p_1}{p_2} = 2,7(E_1 - E_2),$$

E'_1, E'_2, p_1, p_2 ayant des valeurs correspondantes quelconques du tableau ci-dessus.

La valeur mesurée $E'_1 - E'_2$, *est donc* 2,7 *fois plus grande que la valeur théorique* $E_1 - E_2$.

Ces expériences confirment, avec une approximation acceptable, le rapport d'environ 6,3 trouvé antérieurement, dans un cas particulier, entre la valeur mesurée E'_{ox} de la force électromotrice de la pile de concentration à oxygène et sa valeur théorique

$$E_{ox} = \frac{RT}{4} \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

En effet, l'expression $E'_1 - E'_2$ peut être écrite

$$E'_1 - E'_2 = V_{01} - V_{h_1} - (V_{02} - V_{h_2}) = V_{01} - V_{02} + (V_{h_2} - V_{h_1}),$$

V_{01}, V_{02}, V_{h_1}, V_{h_2} étant les potentiels des électrodes.

Mais $V_{01} - V_{02} = E'_{ox}$, $V_{h_2} - V_{h_1} = E'_h$ sont les forces électromotrices des piles de concentration à oxygène et à hydrogène, sous les pressions p_1, p_2. Nous avons donc

$$E'_1 - E'_2 = E'_{ox} + E'_h = 2,7(E_1 - E_2) = 2,7 \frac{3RT}{4} \ln \frac{p_1}{p_2}.$$

La force électromotrice *expérimentale* E'_h étant égale à sa valeur théorique,

$$E_h = \frac{RT}{2} \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (^1),$$

il en résulte

$$E'_{ox} = 6,1 \frac{RT}{4} \ln \frac{p_1}{p_2} = 6,1 E_{ox}.$$

(1) W. H. Hainsworth, H. I. Rowley et D. A. Mc Innes, *J. Amer. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 1021; 46, 1924, p. 1437.

ÉLECTRONIQUE. — *Lentille électronique corrigée de l'aberration de sphéricité*. Note (*) de M. **Pierre Hubert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le mode de correction proposé consiste à faire voyager le faisceau électronique à l'intérieur d'un étroit cylindre métallique, de rayon r_0 et de longueur l, pour utiliser l'attraction des charges induites sur la paroi. Chaque électron est supposé voyageant isolément, ce qui est parfaitement admissible pour les intensités que l'on utilisera en microscopie électronique.

Nous admettrons que les théorèmes généraux de l'électrostatique sont encore valables pour une charge élémentaire, tant que sa distance à la paroi reste très supérieure à l'épaisseur de la pellicule de gaz électronique.

Qualitativement, la possibilité de correction est évidente parce que l'attraction des charges induites qui est nulle lorsque l'électron se trouve sur l'axe ($r=0$) croît et devient infinie pour $r=r_0$. On a donc un élément divergent dont l'aberration d'ouverture est négative et peut être rendue très grande en choisissant r_0 petit. Il doit être possible de réaliser la correction en combinant cet élément avec les éléments usuels dont l'aberration est toujours positive.

Quantitativement, l'étude du problème exige la connaissance de la force exercée sur l'électron en fonction de sa position à l'intérieur du cylindre. Pour simplifier, nous négligerons l'influence des extrémités en supposant l infini; dans ce cas, la force F est radiale et fonction seulement de r. On peut montrer que la formule approchée

$$F=\frac{e^2}{r_0^2}\frac{\varepsilon}{(1-\varepsilon^2)^2}$$

(e, charge de l'électron; $\varepsilon=r/r_0$) donne une précision supérieure à 5 % pour $r=0$ et tend vers la même valeur asymptotique que la formule exacte lorsque r tend vers r_0. Cette formule sera employée par la suite; elle montre que le cylindre se comporte comme une véritable lentille divergente de distance focale $d=d_0(1-\varepsilon^2)^2$, avec $d_0=2r_0^3\Phi/el$, pour des électrons très rapides et voyageant parallèlement à l'axe à la distance $r=r_0\varepsilon$.

Supposons la lentille à corriger, placée immédiatement derrière le cylindre et de distance focale

$$f=f_0(1-C\alpha^2)=f_0(1-C_1\varepsilon^2),$$

avec $C_1=C(r_0^2/f_0^2)$.

La distance focale du système sera donnée par la formule

$$S=\frac{S_0(1-C_1\varepsilon^2)}{\dfrac{d_0}{d_0-f_0}-\dfrac{f_0}{d_0-f_0}\dfrac{1-C_1\varepsilon^2}{(1-\varepsilon^2)^2}}\qquad\text{avec}\quad S_0=\frac{f_0d_0}{d_0-f_0}.$$

(*) Séance du 3 janvier 1949.

Si l'on développe cette expression en fonction de ε, il est possible d'annuler le terme en ε^2 en faisant

$$d_0 = 2\frac{f_0}{C_1} \quad \text{ou} \quad l = \frac{C r_S^0 \Phi}{e f_0^3}.$$

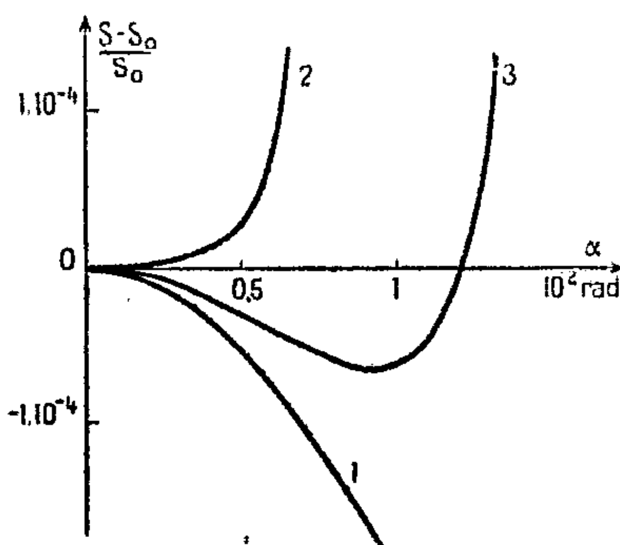
Le système est alors corrigé au quatrième ordre près.

Application numérique (en C. G. S.)

$$f_0 = 0{,}1, \qquad C = 2, \qquad \Phi = 50\,000 \text{ volts}.$$

On trouve $d_0 = 10^3$ et $l = 0{,}7$ pour $r_0 = 10^{-3}$.

Les courbes 1 et 2 représentent $(f/f_0) - 1$ et $(S/S_0) - 1$



en fonction de α. On voit que le système corrigé possède encore une aberration due aux termes d'ordre supérieur au deuxième et, que, l'ouverture utilisable, très faible, rend la correction presque inutile, l'aberration étant la même dans les deux cas pour $\alpha = 6.10^{-3}$ rad, ouverture optimum de l'objectif non corrigé ([1]). Si l'on veut augmenter l'ouverture tout en gardant pour l une valeur acceptable, il faut se contenter d'une correction partielle. Il existe, l étant fixé, une valeur optimum de r_0 permettant de réaliser le meilleur compromis possible entre le défaut d'ouverture et les effets de diffraction. Ce compromis constitue une amélioration importante, comme le prouve la courbe 3, qui représente

$$\frac{S - S_0}{S_0} \quad \text{pour} \quad l = 5 \quad \text{et} \quad r_0 = 1{,}6.10^{-3}.$$

Une étude approfondie de cette courbe permet d'établir que le système correcteur fait passer de 7 Å à 3,7 Å le pouvoir de résolution théorique de l'objectif.

Application au microscope protonique. — L'effet décrit dans cette étude prend une importance beaucoup plus grande dans le cas du microscope protonique où l'on peut utiliser des ouvertures numériques très faibles. Ainsi pour $C = 2$,

---

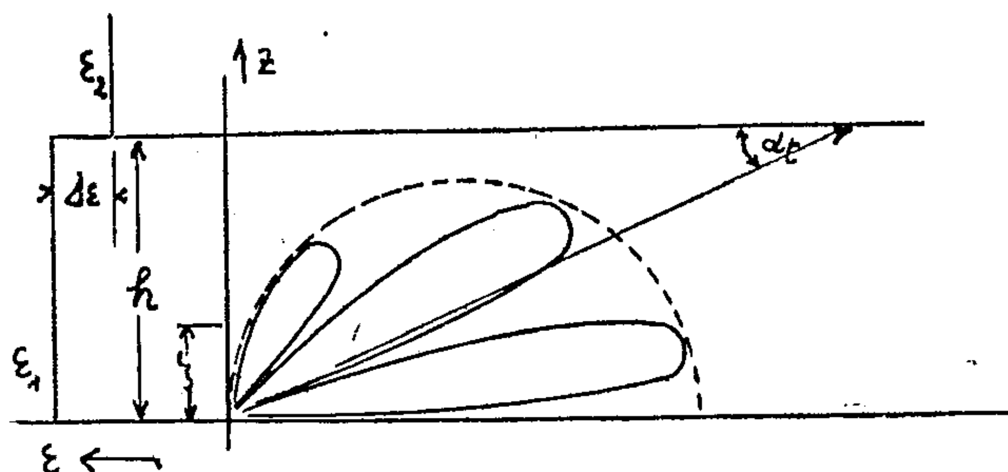
([1]) Zworykin et al., *Electron optics*, 1944, p. 700.

$f = 1$, $\varphi = 3.10^5$ volts et un système correcteur dont $r_0 = 1,6.10^{-3}$, l'ouverture numérique possible est d'environ $0,8.10^{-3}$ rad et les effets de diffraction de 0,4 Å. Pour $l = 4,5.10^{-2}$ la correction totale est alors réalisée, ce qui montre qu'un diaphragme trop épais risquerait de provoquer une importante aberration négative.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Propagation des ébranlements électromagnétiques dans un guide d'onde atmosphérique.* Note (*) de MM. **Théo Kahan** et **G. Eckart**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'objet de la présente Note est la théorie d'un conduit atmosphérique plan (*duct* des Anglo-Saxons) idéalisé par un sol plan parfaitement conducteur et par une discontinuité de l'indice de réfraction (celui passant à la hauteur h, de la valeur $\sqrt{\varepsilon_1}$ à la valeur $\sqrt{\varepsilon_2}$) et siège d'ondes électromagnétiques émises par un dipôle magnétique situé à la hauteur $\zeta < h (\varepsilon_1 > \varepsilon_2)$.

L'étude mathématique complète dépasserait le cadre de cette communication, elle sera publiée ailleurs. Nous allons ici esquisser seulement l'allure physique des phénomènes dans un pareil guide, telle qu'elle résulte de notre analyse. On a tout d'abord, au voisinage du dipôle émetteur, en raison de l'annulation du champ électrique au sol, un diagramme de rayonnement vertical avec les



lobes classiques dus à la différence de marche variable entre le dipôle et son image. Exprimés en fonction du vecteur hertzien Π, ces lobes présentent la même amplitude dans toutes les directions, mais lorsqu'on les exprime à l'aide des champs électriques ou magnétiques, ils possèdent tous une enveloppe en cosinus.

Le champ électromagnétique existant au-dessus du guide (milieu ε_2) décroît exponentiellement avec la hauteur z comptée à partir de la discontinuité si la distance horizontale r à l'émetteur est suffisamment grande (quand l'angle d'incidence φ est inférieur à l'angle α_t de réflexion totale). C'est le phénomène de pénétration du champ dans le milieu moins dense. Pour des angles d'incli-

(*) Séance du 20 décembre 1948.

naison supérieure à α_l le champ y varie suivant la loi en $1/R$. On obtient ainsi un diagramme de rayonnement vertical qui, pour de faibles angles d'inclinaison, fournit la zone morte (ou silencieuse) au-dessus de la surface de séparation. Cela ne vaut, bien entendu, que pour des distances à l'émetteur pour lesquelles il se produit une réflexion totale sur la surface de séparation.

Voici maintenant l'allure des phénomènes dans le guide. Dans les conduits *bas* (c'est-à-dire de faible hauteur h), le champ décroît suivant la loi en $1/r^3$. La limite entre des conduits bas et des conduits hauts est fournie par la relation

$$\frac{2\pi h}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_2-\varepsilon_1}=\frac{\pi}{2}.$$

On voit que tout dépend du rapport h/λ (λ longueur d'onde). Tant que $2\pi\sqrt{\Delta\varepsilon}(h/\lambda)$ est inférieure à la valeur ainsi définie, on a une propagation en $1/r^3$. Lorsque $2\pi\sqrt{\Delta\varepsilon}(h/\lambda)$ est supérieur à cette quantité, il se produit une propagation d'ondes dont l'amplitude décroît seulement suivant $1/\sqrt{r}$; il s'agit alors de la propagation *guidée*.

Conséquences. — Les ondes courtes sont particulièrement favorisées. Cela revient à dire que l'énergie qui est rayonnée dans le conduit sous l'angle de réflexion totale se retrouve entièrement dans le guide sous forme d'une onde cylindrique. Comme cette énergie est proportionnelle au carré du champ, la paroi latérale du cylindre de hauteur h et de rayon r est traversée par un flux d'énergie constant [en effet $(1/\sqrt{r})^2 2\pi rh=2\pi h=\text{const}$]. Ces ondes guidées sont dans notre cas des ondes du type TE. En effet, la seule composante électrique est E_φ, elle est partout normale à la direction de propagation. Par contre, des composantes H sont possibles suivant cette direction. Quand le produit de h/λ par $\sqrt{\Delta\varepsilon}$ est trop petit, le conduit n'absorbe plus d'énergie, il se comporte comme un guide d'onde vis-à-vis d'ondes trop longues.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les expressions du Principe de Huygens pour les ondes électromagnétiques.* Note (*) de MM. **François Croze** et **Émile Durand**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans la démonstration qu'il a donnée des formules de Kottler, Louis de Broglie ([1]) a introduit des formules qui sont équivalentes à celles de Kottler ([2]), mais dans lesquelles les éléments d'une surface d'onde portent seulement des densités *superficielles* de courants et de charges électriques et magnétiques. Nous nous proposons dans cette Note de montrer que l'application de ces for-

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) L. de Broglie, *Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques*, Paris, 1941, p. 96-98.

([2]) F. Kottler, *Ann. d. Phys.*, (4), 71, 1923, p. 457.

mules à la détermination du champ électrique dans l'onde secondaire émanée d'un élément de surface d'onde redonne les formules établies par Love ([3]), Larmor ([4]) et Bromwich ([5]), de sorte que ces formules doivent être considérées comme des expressions correctes du Principe de Huygens, pris dans son sens usuel, pour les ondes électromagnétiques.

Soit donc S l'une des positions d'une onde électromagnétique polarisée rectilignement et soit $d\sigma$ l'un des éléments de cette surface d'onde. Prenons pour origine d'un système de coordonnées rectangulaires le centre M de cet élément, l'axe Mx_3 étant dirigé suivant la normale à l'élément dans le sens de la propagation, les axes Mx_1 et Mx_2 étant dirigés respectivement suivant les champs électrique et magnétique propagés par l'onde. Supposons d'abord qu'il s'agisse d'une onde monochromatique de fréquence $kc/2\pi$, de sorte que les champs électrique et magnétique propagés peuvent être représentés par les expressions $E_0 \exp ik(ct - x_3)$ et $H_0 \exp ik(ct - r)$. Soit alors à évaluer le champ élémentaire $\overrightarrow{dE} = \vec{e}\, d\sigma$ envoyé par l'élément d'onde $d\sigma$ en un point P situé à la distance $r = MP$ dans une direction définie par rapport aux axes par les cosinus directeurs α_1, α_2, α_3. Au facteur $\exp(ikct)$ près, il sera donné par la formule

$$q\vec{e} = -q^2\vec{a} + \operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{a} + q\operatorname{rot}\vec{a'}, \tag{1}$$

où q est l'opérateur $(1/c)\partial/\partial t$ qui ici a la valeur ik; où $\vec{a}$ et $\vec{a'}$ sont les potentiels vecteurs élémentaires tels que

$$c\vec{a} = \vec{i}\, r^{-1} e^{-ikr}, \qquad c\vec{a'} = \vec{j}\, r^{-1} e^{-ikr},$$

avec

$$4\pi\vec{i} = c[\vec{n} \times \vec{H}_0], \qquad 4\pi\vec{j} = -c[\vec{n} \times \vec{E}_0]$$

$\vec{n}$ représentant un vecteur unité posé suivant la normale à l'élément dans le sens de la propagation.

Les composantes des champs E_0 et H_0 suivant les axes utilisés étant

$$E_0(E_0,\ 0,\ 0), \qquad H_0(0,\ E_0,\ 0),$$

celles des potentiels sont

$$\vec{a}\left(-\frac{E_0}{4\pi}\frac{e^{-ikr}}{r},\ 0,\ 0\right), \qquad \vec{a'}\left(0,\ \frac{E_0}{4\pi}\frac{e^{-ikr}}{r},\ 0\right).$$

([3]) A. E. H. LOVE, *Phil Trans. Roy. Soc.*, (A), **197**, 1901, p. 1.
([4]) J. LARMOR, *Proc. Math. Soc. London*, (2), **1**, 1904, p. 1; **19**, 1921, p. 169.
([5]) T. J. I'A BROMWICH, *Proc. Math. Soc. London*, (2), **28**, 1928, p. 438.

On trouvera alors successivement

$$4\pi \operatorname{div} \vec{a} = r^{-2}\alpha_1(1+qr)E_0 e^{-ikr},$$

$$(2)\quad \begin{cases} 4\pi\left[\operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{a}\right]_1 = r^{-3}\{(1+qr) - \alpha_1^2\ (3+3qr+q^2r^2)\}E_0 e^{-ikr}, \\ 4\pi\left[\operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{a}\right]_2 = r^{-3}\{\qquad -\alpha_1\alpha_2(3+3qr+q^2r^2)\}E_0 e^{-ikr}, \\ 4\pi\left[\operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{a}\right]_3 = r^{-3}\{\qquad -\alpha_1\alpha_3(3+3qr+q^2r^2)\}E_0 e^{-ikr}, \end{cases}$$

$$(3)\quad -4\pi q^2 a_1 = r^{-3}q^2r^2 E_0 e^{-ikr}, \qquad -4\pi q^2 a_2 = 0, \qquad -4\pi q^2 a_3 = 0,$$

$$(4)\quad \begin{cases} 4\pi q\left[\operatorname{rot}\vec{a}'\right]_1 = r^{-3}\alpha_3 qr(1+qr)E_0 e^{-ikr}, \\ 4\pi q\left[\operatorname{rot}\vec{a}'\right]_2 = 0, \\ 4\pi q\left[\operatorname{rot}\vec{a}'\right]_3 = -r^{-3}\alpha_1 qr(1+qr)E_0 e^{-ikr} \end{cases}$$

et en portant (2), (3), (4) dans (1),

$$(5)\quad \begin{cases} 4\pi q e_1 = r^{-3}\{(1+qr+q^2r^2) - \alpha_1^2\ (3+3qr+q^2r^2) + \alpha_3 qr(1+qr)\}E_0 e^{-ikr}, \\ 4\pi q e_2 = r^{-3}\{\qquad -\alpha_1\alpha_2(3+3qr+q^2r^2)\qquad\}E_0 e^{-ikr}, \\ 4\pi q e_3 = r^{-3}\{\qquad -\alpha_1\alpha_3(3+3qr+q^2r^2) - \alpha_1 qr(1+qr)\}E_0 e^{-ikr}. \end{cases}$$

Ce sont, transcrites en notation exponentielle, les formules de Love. Si l'on y introduit le facteur e^{ikct}, le théorème de l'intégrale de Fourier permet d'ailleurs de les étendre immédiatement au cas où l'onde considérée est, au point M, de la forme générale $f(ct)$, puisque l'on peut toujours écrire $f(ct) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(k)\, e^{ikct}\, dk$. Il suffira de remplacer $E_0 e^{ik(ct-r)}$ par $f(ct-r)$ et de considérer que l'opérateur q n'y est plus égal à ik, mais a sa signification générale $(1/c)(\partial/\partial t)$. *Les formules ainsi écrites sont maintenant identiques aux formules de Bromwich.*

De ces formules il est d'ailleurs facile de passer à celles qui se rapportent aux coordonnées sphériques du point P, sa distance $r = \mathrm{MP}$, sa colatitude $\theta = \widehat{x_3\mathrm{MP}}$ et sa longitude $\varphi = (x_3\mathrm{M}x_1,\ x_3\mathrm{MP})$, et qui expriment le champ électrique $\vec{e}$ au moyen de ses composantes suivant les directions des r, des θ et des φ croissants. En projetant les composantes e_1, e_2, e_3 sur les nouveaux axes, on aura

$$4\pi q e_r = -2r^{-3}\cos\varphi\sin\theta(1+qr)f(\mathrm{c}t-r),$$
$$4\pi q e_\theta = \quad r^{-3}\cos\varphi\{(1+qr+q^2r^2)\cos\theta + qr(1+qr)\}f(\mathrm{c}t-r),$$
$$4\pi q r_\varphi = -r^{-3}\sin\varphi\{(1+qr+q^2r^2) + qr(1+qr)\cos\theta\}f(\mathrm{c}t-r).$$

Dans le cas, seul important en Optique, où l'on peut ne garder que les termes en $1/r$, on a ainsi, en désignant par $f'(\mathrm{c}t-r)$ la dérivée de $f(\mathrm{c}t-r)$ par rapport à l'argument $(\mathrm{c}t-r)$.

$$e_r = 0, \qquad e_\theta = \frac{1}{4\pi r}\cos\varphi(1+\cos\theta)f'(\mathrm{c}t-r), \qquad e_\varphi = -\frac{1}{4\pi r}\sin\varphi(1+\cos\theta)f'(\mathrm{c}t-r).$$

Ce sont les formules de Larmor. Le champ électrique $d\vec{E}$, de grandeur

$$dE = \frac{d\sigma}{4\pi r}(1+\cos\theta)f'(ct-r)$$

est transversal au rayon vecteur MP et incliné de l'angle φ sur la tangente en P au méridien de ce point.

SPECTROSCOPIE. — *Étude par spectrographie Raman et infrarouge du benzothiazole et de ses premiers homologues 2-alcoylés.* Note (*) de MM: Jacques Metzger et Claude Cherrier, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans le cadre d'une étude structurale de la série du benzothiazole ([1]), nous avons photographié les spectres de diffusion Raman et déterminé les bandes d'adsorption infrarouge des composés suivants : benzothiazole méthyl-2, éthyl-2, propyl-2, butyl-2, isopropyl-2 et isobutyl-2 benzothiazole.

Spectres infrarouges. — Ils ont été déterminés entre 3 μ et 12 μ; les principales bandes d'absorption sont les suivantes (les % d'absorption sont indiqués entre parenthèses et les longueurs d'onde sont exprimées en μ) :

Benzothiazole : 5.9 (39); 6.36 (47); 6.78 (95); 6.99 (95); 7.55 (89); 7.71 (87); 8.29 (50); 8.58 (37); 8.86 (42); 9.36 (66); 9.70 (47); 10.61 (48).

Méthyl-2 benzothiazole : 3.3; 3.4; 6.59 (83); 6.94 (94); 7.31 (55); 7.65 (69); 7.82 (60); 8.08 (75); 8.60 (89); 9.42 (51); 9.94 (62); 10.68 (48); 11.58 (76).

Éthyl-2 benzothiazole : 5.9 (44); 6.6 (90); 6.94 (95); 7.28 (64); 7.63 (77); 8.10 (69); 8.65 (89); 8.87 (90); 9.44 (81); 9.86 (51); 10.58 (84); 11.60 (66).

Propyl-2 benzothiazole : 5.90 (61); 6.60 (90); 6.93 (96); 7.31 (59); 7.63 (74); 7.85 (67); 8.06 (75); 8.65 (86); 8.85 (84); 9.42 (77); 9.98 (64); 10.66 (54); 11.73 (69).

Butyl-2 benzothiazole : 5.81 (45); 6.60 (82); 6.94 (87); 7.31 (53); 7.67 (68); 7.81 (60); 8.06 (76); 8.62 (82); 8.90 (78); 9.42 (77); 9.96 (36); 10.77 (46); 11.57 (56).

Isopropyl-2 benzothiazole : 5.95 (23); 6.60 (88); 6.91 (91); 7.30 (54); 7.63 (68); 8.27 (60); 8.61 (70); 8.89 (60); 9.42 (48); 10.06 (52); 10.79 (37); 11.53 (45).

Spectres Raman. — Les principales raies Raman sont les suivantes (les intensités relatives sont indiquées entre parenthèses et les fréquences sont exprimées en cm^{-1}) :

Benzothiazole : 210 (3); 228 (2); 355 (6); 425 (1); 508 (10); 532 (5); 564 (1/4); 586 (1); 528 (1/4); 671 (3); 705 (4); 716 (1/4); 763 (1/2); 787 (1/4); 800 (5); 877 (1/4); 886 (1/4); 897 (0); 948 (0); 1017 (10); 1040 (0); 1057 (0); 1074 (2); 1128 (5); 1164 (1); 1204 (4); 1238 (0); 1266 (1/8); 1292 (10); 1318 (9); 1415 (0); 1430 (10); 1465 (4); 1479 (5); 1496 (1/4); 1506 (1/4); 1540 (2); 1552 (2); 1562 (2); 1585 (1/4); 1598 (1); 1610 (1/4); 3074 (5); (*cf.* référence ([2]).

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) Jacques Metzger, *Thèse* Sciences, Nancy, 1948. (*Voir* également réf. 2.)

([2]) Kohlrausch et Seka, *Ber.*, 71, 1938, p. 1563.

Méthyl-2 benzothiazole: le spectre Raman de ce composé a déjà fait l'objet d'une Note ([3]).

Éthyl-2 benzothiazole : 208 (1); 357 (1/8); 397 (4); 436 (1/8); 451 (1/8); 481 (1); 508 (5); 622 (1/4); 643 (1/8); 710 (4); 762 (1/2); 792 (1/8); 864 (1/4); 948 (1/4); 1014 (6); 1069 (3); 1130 (4); 1168 (1/4); 1245 (7); 1283 (6); 1315 (2); 1344 (1/8) 1384 (1/2) 1414 (3); 1440 (1); 1463 (3); 1512 (1/8); 1527 (10); 1563 (3); 1600 (1/2); 2793 (2); 2875 (1/2); 2939 (1); 3069 (4).

Propyl-2 benzothiazole : 203 (1/2); 286 (1/8); 398 (1/4); 508 (3); 548 (1/2); 706 (2); 757 (1/2); 792 (1/8); 860 (1/8); 1013 (2); 1069 (1); 1130 (2); 1164 (1/2); 1189 (0); 1248 (2); 1280 (2); 1314 (1); 1440 (1); 1460 (1/2); 1526 (4); 1561 (2); 1597 (1/4); 2793 (1); 2879 (1); 2944 (2); 3076 (4).

Butyl-2 benzothiazole : 207 (1); 269 (1/4); 320 (1/4); 399 (1/2); 438 (1/8); 483 (1/8); 505 (4); 515 (2); 554 (1/8); 589 (0); 610 (1/4); 623 (1/4); 647 (1/2); 687 (0); 709 (4); 759 (1); 795 (1/8); 819 (1/4); 851 (1/4); 874 (1/2); 902 (1/4); 936 (1/8); 964 (1/4); 1003 (1); 1014 (4); 1069 (2); 1107 (1/2); 1130 (2); 1165 (1); 1220 (1/2); 1247 (4); 1281 (3); 1315 (1); 1352 (1); 1389 (0); 1442 (2); 1464 (2); 1527 (7); 1564 (3); 1601 (1); 2799 (1); 2887 (2); 2905 (2); 2931 (2); 2956 (1); 2982 (1); 3050 (2); 3079 (4).

Isopropyl-2 benzothiazole : 206 (1); 294 (1/2); 318 (0); 355 (1/8); 397 (1/4); 437 (1/4); 480 (1/4); 508 (3); 529 (1/8); 556 (1/8); 586 (0); 608 (1/2); 651 (1/8); 682 (1/8); 709 (4); 760 (1/2); 797 (1/8); 849 (1/8); 890 (1/2); 963 (1/8); 995 (1/4); 1013 (3); 1069 (1); 1101 (1/4); 1127 (2); 1161 (1/2); 1185 (0); 1243 (4); 1277 (3); 1313 (2); 1348 (0); 1388 (1/4); 1414 (1/8); 1446 (2); 1460 (2); 1524 (6); 1564 (2); 1598 (1/2); 2793 (1); 2879 (2); 2944 (2); 2987 (2); 3075 (4).

Isobutyl-2 benzothiazole : 170 (1/2); 208 (1); 263 (0); 299 (1/4); 316 (1/8); 354 (1); 396 (1/4); 437 (1/8); 475 (1/2); 504 (3); 512 (3); 557 (1/8); 606 (1/4); 641 (1/2); 650 (1/2); 690 (1/4); 708 (3); 728 (1/8); 759 (1/4); 793 (1/8); 818 (1/4); 852 (1/4); 859 (1/4); 890 (1/8); 902 (1/8); 955 (1/8); 1015 (3); 1067 (1); 1085 (1/8); 1129 (1); 1164 (1/2); 1185 (1/4); 1239 (2); 1281 (3); 1315 (1); 1344 (1/4); 1383 (1/8); 1412 (1/8); 1442 (2); 1461 (1); 1490 (0); 1523 (6); 1564 (2); 1600 (1/2); 2790 (1); 2883 (2); 2907 (1); 2982 (2); 2999 (1); 3042 (1); 3071 (4).

Analyse des résultats. — Les spectres Raman n'ayant pas été effectués en lumière polarisée, notre essai d'interprétation est donné sous toute réserve. Les fréquences voisines de 3070 correspondent aux vibrations des liaisons C—H des cycles thiazole et benzothiazole (3061 pour le benzène); les fréquences comprises entre 2790 et 3000, absentes du spectre du benzothiazole et présentes dans tous les autres spectres correspondent aux vibrations des liaisons C—H des groupes aliphatiques; les fréquences suivantes que l'on retrouve dans l'infrarouge sont caractéristiques du cycle hétérogène : 1479 pour le benzothiazole et vers 1530 pour les autres composés; entre 1430 et 1442; entre 1067 et 1074 vers 708. Selon toute vraisemblance, les fréquences comprises entre 1126 et 1312 correspondent aux vibrations de déformation C—H. Notons enfin que pour tous ces composés, l'absence de raie dans les domaines 1620-1670 et 3300-3800 est une preuve de leur existence sous forme purement aromatique.

([3]) JACQUES METZGER et CLAUDE CHERRIER, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 71; dans cette Note lire 370 (0) au lieu de 370 (9); au para. Spectre Raman.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur l'absorption infrarouge et l'action cancérigène.* Note (*) de MM. **Adolphe Pacault** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié, au moyen de techniques précédemment décrites (méthode des poudres ou solutions) avec des spectrographes enregistreurs (munis de prismes de fluorine ou de sel gemme) : 1° une douzaine de dérivés acridiques; 2° quelques composés anthracéniques ([1]), dont les spectres ne nous semblent pas connus. Les substances du premier groupe ont été examinées entre 3,5 et 8$^{\mu}$ environ (quelques-unes aussi entre 8 et 15$^{\mu}$); celles du deuxième groupe se rapportent à la zone 8-15$^{\mu}$. Dans des Notes antérieures ([2]), l'un de nous avait donné les spectres infrarouges (entre 8 et 15$^{\mu}$, ou entre 8 et 19$^{\mu}$) de composés hétérocycliques et d'hydrocarbures à poids moléculaire élevé, qui ont aussi servi de termes de comparaison.

Parmi ces substances voisines ou même isomères, les unes sont cancérigènes et les autres inactives [cancer de la peau, expérimentation sur des souris ([3])]. On avait fondé quelques espoirs sur la possibilité de caractériser l'action cancérigène par des bandes infrarouges déterminées. *Dans les domaines que nous avons étudiés pour chacune des catégories de substances, il n'est pas possible de relier systématiquement le pouvoir cancérigène à des bandes d'absorption ou à une régularité spectrale quelconque.* Nos spectres d'absorption infrarouges obéissent aux règles générales qui régissent les vibrations moléculaires; ils reflètent surtout les propriétés de symétrie des molécules, ainsi que les poids des substituants sur les noyaux examinés.

Ce résultat n'a rien de très surprenant : 1° parce que, pour pouvoir mettre en évidence, dans nos longueurs d'onde, des bandes d'absorption infrarouges en relation avec une nature cancérigène, il faudrait qu'il existe des groupements d'atomes *cancérigènes*, ce qui ne semble pas être le cas; 2° parce que l'on attribue plus spécialement à une distribution électronique anormale des électrons les propriétés cancérigènes des substances. Or l'on sait que, dans notre région spectrale, les électrons jouent un rôle secondaire et souvent presque nul. Bien que notre expérimentation date de 1945, la conclusion négative précédente ne nous avait pas incités à la publier.

Nous n'excluons cependant pas entièrement la possibilité de trouver une relation entre les bandes d'absorption infrarouges et l'activité cancérigène des

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) Ces composés ont été préparés par M. Buu Hoï au Laboratoire de Chimie de l'Institut du Radium.

([2]) P. Lambert et J. Lecomte, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1148; Mlle S. Lorillard et J. Lecomte, *ibid.*, **211**, 1940, p. 501.

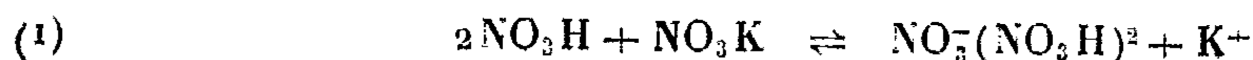
([3]) Travaux poursuivis au Laboratoire du Professeur Lacassagne, Institut du Radium.

composés chimiques, mais cette Note a surtout pour but de montrer que, *si cette relation existe, elle est à chercher dans des longueurs d'onde beaucoup plus grandes que celles que nous avons examinées* (20 à 40$^{\mu}$ *par exemple*). Dans cette région, en effet, se placent des vibrations gauches sur lesquelles l'effet des substitutions reste généralement faible ([4]). Il ne nous semble pas impossible alors de supposer que des composés différant non seulement par leur formule chimique, mais aussi par leur symétrie moléculaire puissent donner naissance à des vibrations du même type, qui pourraient être décelées plus facilement dans nos spectres par suite d'une répartition particulière des charges électriques.

De toute manière, étant donné la faible quantité de substance qui suffit pour obtenir un spectre d'absorption infrarouge, notre domaine spectral se montre très indiqué pour concourir à l'analyse et à la différenciation d'isomères, dont l'un peut parfois être cancérigène. On sait que, à condition de choisir convenablement la zone d'étude, on arrive généralement à caractériser des composés voisins comme des isomères et des homologues, même dans le cas de substances aussi compliquées que celles dont il s'agit dans ce travail. Les spectres seront publiés dans un autre Recueil.

EFFET RAMAN. — *Spectres des solutions de nitrates dans l'acide nitrique. Complexe* $NO_3^-(NO_3H)^2$. Note (*) de M. **Jean Chédin** et Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a montré ([1]) que dans les solutions de NO_3Na, NO_3K, NO_3NH_4, ... dans NO_3H pur, la réaction



$$(1) \qquad 2NO_3H + NO_3K \rightleftharpoons NO_3^-(NO_3H)^2 + K^+$$

intervient presque quantitativement (constante d'équilibre $K \sim 80$).

Les spectres Raman (pris vers — 5°C.) apportent des précisions sur la nature du complexe $NO_3^-(NO_3H)^2$.

L'examen du tableau ($\Delta\nu < 1800$ cm^{-1}) et de la figure 1 (enregistrements des spectres des bandes OH) montre qu'à quelques divergences près (d'ailleurs

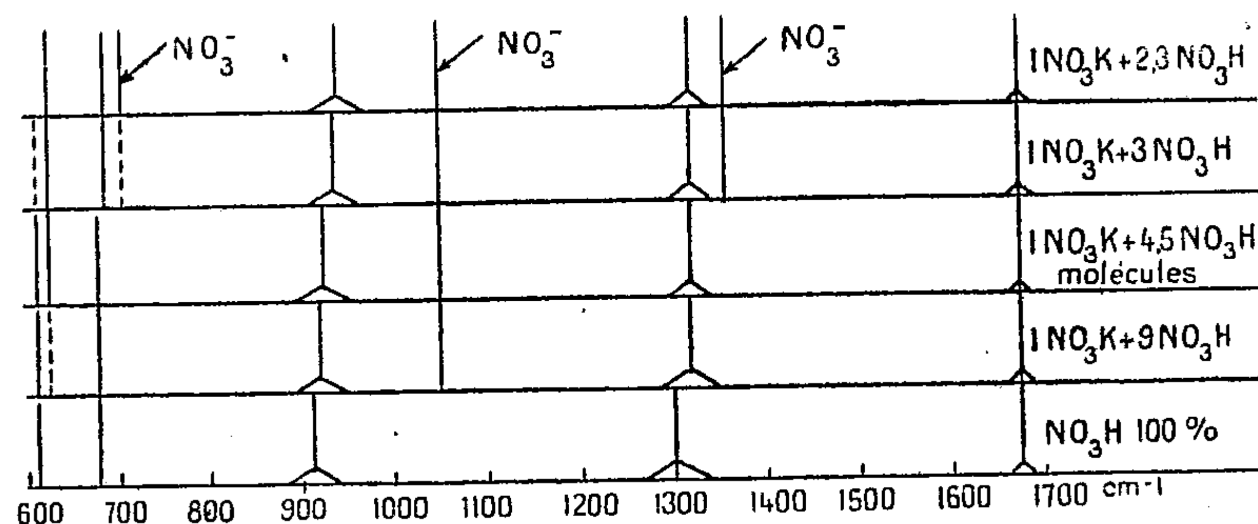
---

([4]) Nous rappelons qu'en prenant un même radical R, hydrocarboné par exemple, et en opérant diverses substitutions X, de manière à aboutir à des composés de la forme R — X, si on les range dans l'ordre des poids X croissants, les bandes d'absorption se déplacent vers de plus grandes longueurs d'onde d'une manière plus ou moins prononcée, suivant le mode de vibration considéré; mais, avec des vibrations gauches, ou bien cette variation demeure restreinte (ou nulle), ou bien même elle a parfois lieu en sens inverse.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) J. Chédin et R. Vandoni, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1722.

expliquables) les modifications du spectre de HNO_3 pur sont les mêmes quand on y dissout des quantités modérées d'eau (²), (³), ou un nitrate minéral.



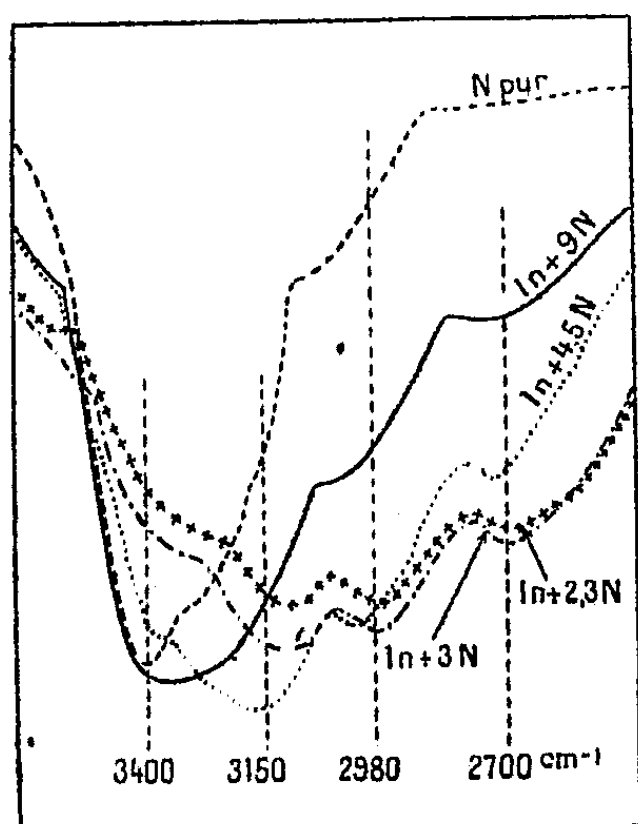


Fig. 1.

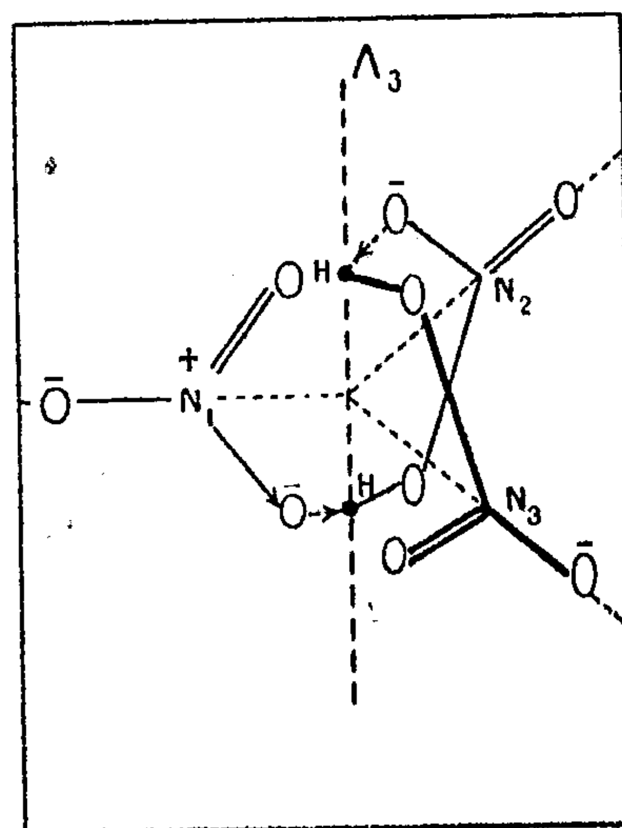


Fig. 2.

Fig. 1. — Enregistrements des bandes — OH des spectres des solutions de NO_3K dans NO_3H 100 %. Concentrations exprimées en nombre de molécules NO_3H (N) pour une molécule NO_3K (*n*).

Fig. 2. — Schéma d'une structure possible du complexe NO_3^- $(NO_3H)^2$.

a. On observe dans tous les cas le même effet sur la raie 608 cm⁻¹ qui disparaît progressivement alors qu'une fréquence nouvelle apparaît et se renforce à 631 cm⁻¹.

b. L'addition d'eau fait disparaître la forte et large bande 3400 cm⁻¹ de NO_3H tandis que se développent 4 bandes nouvelles :

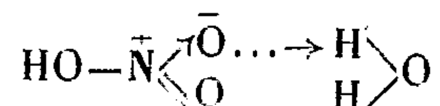
$$3550 - 3150 - 2950 - 2700 \text{ cm}^{-1}.$$

Le phénomène est le même pour les solutions de NO_3K, par exemple, à

(²) J. Chedin et S. Fénéant, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 930.
(³) J. Chedin et S. Fénéant, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1424.

l'exception de 3550 cm⁻¹ qui ne doit d'ailleurs pas figurer dans leurs spectres, ainsi qu'on le verra plus bas.

Nous avons conclu précédemment que, dans les mélanges NO_3H, H_2O (à teneur faible en eau), il se fait un complexe molécule à molécule du type schématique :



Le complexe est caractérisé par de fortes liaisons hydrogène, entre l'atome O fortement négatif du radical $-\overset{+}{N}\langle^{\bar{O}}_{O}$ et l'hydrogène de H_2O [liaison du type : $-\bar{O}\ldots\rightarrow H-O-H$; 1 molécule H_2O ajoutée à une grande quantité de NO_3H à 97 %, et qui se trouve ainsi à peu près entièrement transformée en monohydrate, donne lieu au dégagement d'environ 4000 calories, à 20° (4)].

De la même manière, le complexe ionique $NO_3^-(NO_3H)^2$ est très stable :

— réaction (1) presque quantitative vers la droite;

— dégagement d'environ 6000 calories par mélange de 1 molécule NO_3Na ou NO_3K dans un excès de NO_3H pur (5);

— bandes OH de l'acide nitrique engagé en complexe, fortement déplacées (comme avec l'eau) vers les basses fréquences, ainsi qu'on vient de le voir.

Cela nous incite à supposer que la structure du complexe est très symétrique, et qu'elle peut être stabilisée par résonance. Le modèle suivant (*fig.* 2), pourrait rendre compte des faits observés. L'ion NO_3^- étant dans le plan de la figure, les deux $NO_2.OH$ s'en déduisent par rotation autour d'un axe ternaire A_3 dans ce plan. On retrouverait ainsi des liaisons hydrogène du type $-OH\leftarrow\ldots\bar{O}-$ analogues à celles du monohydrate, ce qui pourrait expliquer la similarité des spectres de bandes —OH. Comme pour l'hydrate, l'augmentation de la fréquence 608 cm⁻¹ à 631 cm⁻¹ (pour le complexe) s'expliquerait par un accroissement de la force de résistance à la déformation de l'angle $N\langle^{O}_{O}$ dans les molécules $NO_2.OH$ engagées en complexes.

Dans le monohydrate, le —OH reste libre et vibre à 3550 cm⁻¹. Au contraire, il est engagé en complexe dans le schéma proposé, ce qui explique la seule différence notable entre les spectres des mélanges NO_3H, H_2O et NO_3H, NO_3K.

(4) R. Leclerc et J. Chedin, *Mémorial des Serv. Chim. de l'État*, 32, 1946, p. 87.

(5) J. Chedin, R. Leclerc et R. Vandoni, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 734.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la diffusion des neutrons thermiques.* Note (*) de MM. **Maurice Nuyens** et **Carl Grosjean** présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous nous proposons de chercher l'expression exacte de la probabilité élémentaire $\varphi_n(r)\,dr$ pour qu'un neutron thermique issu d'une source ponctuelle O subisse le $n^{\text{ième}}$ choc élastique à une distance du point O comprise entre r et $r+dr$. Le milieu matériel est supposé infiniment grand, homogène, diffusant et absorbant. Chaque collision est isotrope. Désignons par λ_s, λ_c resp. les libres parcours moyens pour la diffusion et la capture; par λ le libre parcours moyen total ($\lambda^{-1}=\lambda_s^{-1}+\lambda_c^{-1}$).

Rappelons que pour le premier choc élastique, on connaît la probabilité

$$\varphi_1(r)\,dr=\frac{1}{\lambda_s}e^{-\frac{r}{\lambda}}\,dr. \tag{1}$$

Pour le calcul de $\varphi_n(r)\,dr$, nous généralisons un problème résolu par Pearson, Kluyver et Rayleigh. Supposons qu'une particule parcoure des chemins rectilignes *donnés* l_1, l_2, ..., l_n dans des directions absolument quelconques et cherchons la probabilité P_n pour qu'on la trouve finalement à une distance de la source comprise entre o et r. Appelons s_i la distance de la particule à la source après le $i^{\text{ième}}$ parcours l_i, et θ_i l'angle compris entre s_i et l_{i+1}. On trouve que

$$s_{i+1}^2=s_i^2+l_{i+1}^2-2s_il_{i+1}\mu_i \quad \text{avec} \quad \mu_i=\cos\theta_i \qquad (i=1, 2, \ldots, n-1). \tag{2}$$

La probabilité pour que θ_i soit compris entre θ_i et $\theta_i+d\theta_i$ étant $-(1/2)\,d\mu_i$, la probabilité demandée sera donnée par l'expression

$$\frac{1}{2^{n-1}}\iint\cdots\int d\mu_1\,d\mu_2\ldots d\mu_{n-1} \qquad (n\geqq 2), \tag{3}$$

en tenant de la condition $0\leqq s_n\leqq r$.

Cette condition pourra être exprimée analytiquement en multipliant l'expression (3) par une intégrale de Dirichlet ayant les valeurs o ou 1 suivant que s_n est plus grand ou plus petit que r et en intégrant ensuite chacun des cosinus entre les limites -1 et $+1$. En simplifiant de proche en proche, on obtient

$$P_n(r;\, l_1,\, l_2,\, \ldots,\, l_n)=\frac{2}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\sin l_1u}{l_1u}\cdot\frac{\sin l_2u}{l_2u}\cdots\frac{\sin l_nu}{l_nu}\cdot\frac{\sin ru-ru\cos ru}{u}\,du. \tag{4}$$

La probabilité pour que s_n soit compris entre r et $r+dr$ sera

$$dP_n=\frac{2r\,dr}{\pi l_1.l_2\ldots l_n}\int_0^{\infty}\frac{du}{u^{n-1}}\cdot\sin ru.\sin l_1u.\sin l_2u\ldots\sin l_nu \qquad (n\geqq 2). \tag{5}$$

(*) Séance du 3 janvier 1949.

Multiplions maintenant dP_n par les probabilités des chemins $l_1, l_2, \ldots, l_n$ conformément à la formule (1) et intégrons de zéro à l'infini pour chaque parcours. On obtient ainsi l'expression exacte de $\varphi_n(r)\,dr$

$$\varphi_n(r)\,dr = \frac{2\,r\,dr}{\pi\lambda_s^n}\int_0^\infty (\operatorname{arc\,tg}\lambda u)^n \frac{\sin ru}{u^{n-1}}\,du \qquad (n = 2, 3, \ldots). \tag{6}$$

Remarques. — I. Quand on calcule la densité totale $\rho(r)\,dV$ des neutrons thermiques dans le cas d'une distribution stationnaire, on obtient (par sommation)

$$\rho(r) = \frac{Q e^{-\frac{r}{\lambda}}}{4\pi v r^2} + \frac{Q}{2\pi^2 r v}\int_0^\infty \frac{(\operatorname{arc\,tg}\lambda u)^2}{(\lambda_s u - \operatorname{arc\,tg}\lambda u)}\sin ru\,du, \tag{7}$$

où Q est le nombre de neutrons thermiques issu de la source par unité de temps et v la vitesse moyenne des neutrons thermiques. Cette formule est en accord avec celle de Bothe [1] qui la trouve en cherchant la solution d'une équation intégrale.

II. C. Grosjean a calculé d'une façon exacte la série suivante :

$$\varphi_n(r)\,dr = \left(\frac{\lambda}{\lambda_s}\right)^n \frac{4\pi r^2\,dr . e^{-\frac{r^2}{\frac{4}{3}n\lambda^2}}}{\left(\frac{4}{3}n\lambda^2\pi\right)^{\frac{3}{2}}}\left[1 + \sum_{m=2}^{\infty}(-1)^m \gamma_{2m}\left(\frac{3}{4n}\right)^m \frac{H_{2m+1}\left(\dfrac{r}{2\lambda\sqrt{\frac{n}{3}}}\right)}{\left(\dfrac{r}{\lambda\sqrt{\frac{n}{3}}}\right)}\right], \tag{8}$$

$$(n = 2, 3, 4, \ldots)$$

où H_{2m+1} est le polynome de Hermite d'ordre $(2m+1)$ et où γ_{2m} sont des coefficients numériques calculables

$$\gamma_4 = \frac{13}{90}n, \qquad \gamma_6 = -\frac{251}{2835}n, \qquad \gamma_8 = \frac{169\,n^2}{16200} - \frac{3551}{56700}n, \qquad \ldots.$$

Le premier terme est bien la formule asymptotique connue pour le cas de diffusion plus capture. Les autres termes sont des termes correctifs. Quand n est de l'ordre 10, le premier terme suffit; pour $n < 10$, un ou plusieurs termes correctifs sont nécessaires selon que n devient plus petit.

---

(1) W. Bothe, *Z. f. Phys.*, **119**, 1942, p. 493.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Effets du* pH *dans le développement des plaques photographiques chargées au borax ou au nitrate d'uranyle.* Note (*) de M. E. **Picciotto**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Fading des plaques au bore. — Les plaques Ilford chargées au bore sont réputées avoir un effacement de l'image latente plus lent que les plaques normales ([1]). Elles montrent aussi un développement plus violent et plus irrégulier et un gonflement exagéré tendant à les décoller de leur support ([2]).

Dilworth et Occhialini ([3]) ont déjà suggéré que ces effets peuvent s'expliquer par une alcalinité anormale.

Les mesures exactes de pH confirment cette opinion (pH : 9,00) ([4]). Cette alcalinité est due à l'hydrolyse du borax, forme sous laquelle a été introduit le bore (plaque normale pH : 6,00).

Le développement est accéléré à la fois par l'intensification du révélateur et par sa pénétration plus rapide ([4]). En développant dans les mêmes conditions extérieures une plaque au bore et une plaque normale, la plaque au bore est donc fortement surdéveloppée par rapport à l'autre et l'on ne peut en aucune façon comparer leur fading respectif.

Nous n'excluons pas que le fading puisse dépendre du pH de l'émulsion, mais dans les observations faites jusqu'à présent, le fading plus faible des plaques au bore est une apparence due au surdéveloppement. Nous l'illustrons par l'expérience suivante :

Une plaque au bore et une plaque normale sont exposées à une source d'α et sont développées immédiatement après dans le même révélateur (métol en pH : 6,3). La plaque normale ne montre aucune trace de développement tandis que les traces d'α sont parfaitement visibles dans la plaque au bore.

La manière la plus rationnelle d'introduire du bore dans une plaque est d'imprégner celle-ci d'une solution de borate et acide borique ajustée au pH de l'émulsion ordinaire (pH : 6,00).

Désensibilisation par le nitrate d'uranyle. — Plusieurs auteurs ([4]), ([5]) ont signalé que le nitrate d'uranyle en forte concentration désensibilise les plaques et en rend le développement impossible. Il s'agit, ici aussi, d'un effet de pH sur le développement et non pas d'une propriété de l'uranium. Le nitrate d'uranyle donne par hydrolyse une réaction acide inappréciable dans les solutions très

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) Lattes, Occhialini et Powel, *Nature*, 160, 1947, p. 458.

([2]) Dilworth, Occhialini et Payne, *Nature*, 162, 1948, p. 102.

([3]) Dilworth et Occhialini, communication privée, janvier 1948.

([4]) Picciotto, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 173.

([5]) Tsien, Ho, Chastel et Vigneron, *J. de Phys.*, 8, 1947, p. 6.

diluées, mais d'importance croissante avec sa concentration. (Une solution de 100^g par litre a un pH de 2 environ.)

Il est normal qu'à un pH aussi bas les révélateurs organiques soient fortement affaiblis.

On obtient un développement complet et homogène à toutes les concentrations d'U à condition d'ajuster le pH des solutions aux environs de 7.

Notons que pour une même concentration extérieure, on obtient une concentration plus grande d'U dans la plaque, si on ajuste à 7 le pH de la solution. Ce qui s'explique par l'augmentation de l'absorption avec le pH (4).

Les courbes donnant la concentration d'U dans la plaque en fonction de la concentration d'U dans la solution extérieure non tamponnée (6) (7) ont une signification plus complexe qu'une simple isotherme d'adsorption. Elles représentent non seulement l'influence de la concentration extérieure sur la quantité d'U adsorbé, mais aussi l'effet de la variation du pH sur l'absorption de la solution.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la nature et la stabilité de l'anion des bismuth*-III-*thiocyanates*. Note (*) de MM. **Fernand Gallais** et **Maxime Brandela**, présentée par M. Paul Lebeau.

Une quinzaine de bismuth-III-thiocyanates ont été obtenus jusqu'à présent à l'état cristallisé (1); à l'exception d'un dodécathiocyanate de potassium (Vanino et Hauser), dont la préparation n'a pu être reproduite, et de polythiocyanates mixtes (Ormont) qui paraissent mal définis, ce sont tous des bismuth-hexathiocyanates, sauf le sel $[Bi(SCN)_4]Tl$ décrit par Paciello et Foa. Nous nous sommes proposé de rechercher si le complexe existant dans les solutions qui donnent naissance à ces cristaux est bien l'anion $[Bi(SCN)_6]^{3-}$ et d'en déterminer la stabilité.

Nous avons étudié dans ce but la formation de cet anion par la méthode des variations continues (2), en utilisant la mesure photoélectrique de l'absorption lumineuse, autour de 4400 Å, de ces solutions qui sont fortement colorées en rouge orangé. (Cette coloration étant peu stable, nous n'avons fait état que

(6) Halsny et Rochat, *Helv. Phys. Acta.*, 21, 3-4, 1948, p. 186.
(7) Broda, *Nature*, 4059, 1947, p. 231.

(*) Séance du 10 janvier 1949.
(1) L. Vanino et O. Hauser, *Z. anorg. allg. Chem.*, 28, 1901, p. 219; A. Rosenheim et M. Vogelsang, *Z. anorg. allg. Chem.*, 48, 1906, p. 213; G. Canneri et G. Perina, *Gazz. Chim. Ital.*, 52, 1922, I, p. 241; A. Paciello et N. Foa, *Gazz. Chim. Ital.*, 53, 1923, p. 526; G. Spacu et G. Grecu, *Bull. Soc. Stiinte Cluj.*, 7, 1932, p. 13; B. Ormont, *Z. anorg. allg. Chem.*, 161, 1927, p. 337.
(2) P. Job, *Ann. de Chim.*, [10], 9, 1928, p. 114.

des valeurs de densité optique qui se sont montrées invariables pendant cinq minutes au minimum.)

La figure 1 montre, sur trois exemples, comment varie l'écart Δd entre la densité optique théorique et expérimentale des mélanges équimoléculaires de thiocyanate de potassium et de nitrate de bismuth en fonction de leur composition (pour éviter l'hydrolyse, la solution de nitrate de bismuth était 2,7 N en acide acétique). La proportion de thiocyanate de potassium dans les mélanges croissant de 0 à 100 %, Δd passe par un maximum assez net pour une compo-

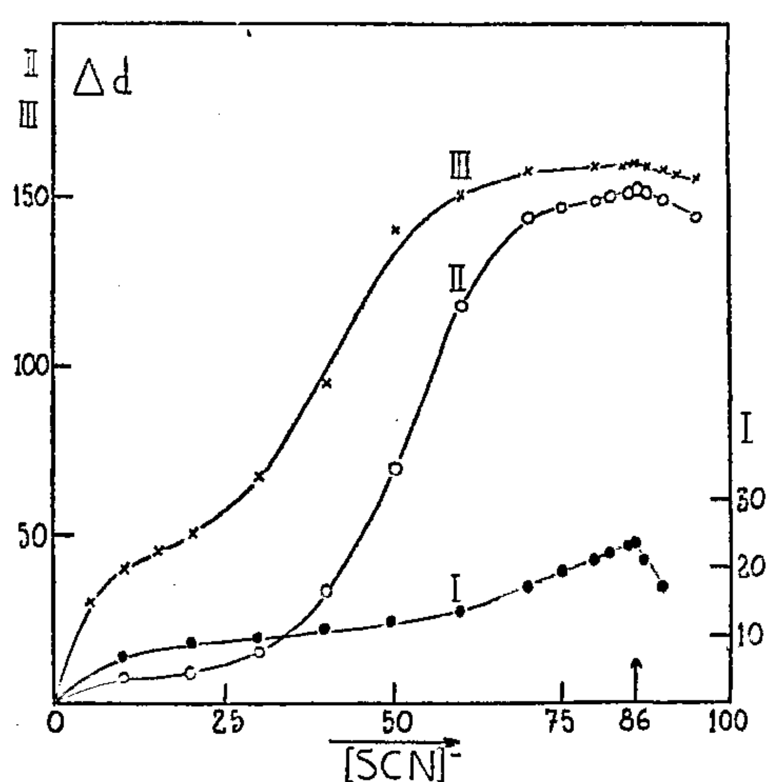


Fig. 1.

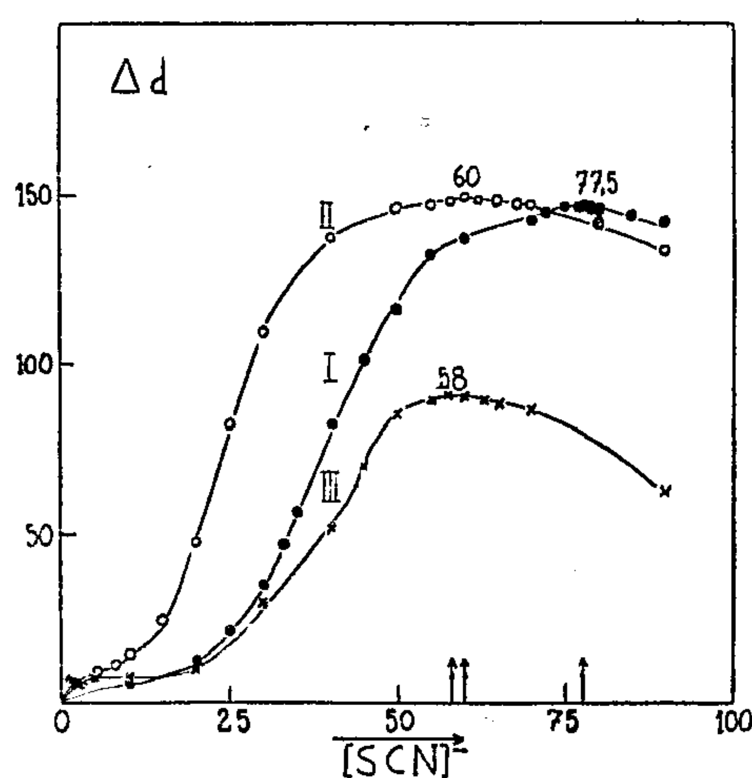


Fig. 2.

sition x qui se maintient entre 85 % et 86 % lorsque la concentration moléculaire Γ des réactifs croît de 0,20 à 1. Le rapport SCN/Bi étant égal à 6 pour $x = 85{,}7$ on peut en conclure à l'existence en solution de l'ion $[Bi(SCN)_6]^{3-}$.

Pour confirmer ce résultat nous avons examiné des mélanges non équimoléculaires des mêmes réactifs : la concentration de la solution de Bi^{3+} étant encore égale à Γ et celle de la solution de $[SCN]^-$ devenant $p.\Gamma$, l'abscisse x du maximum des courbes d'écart se déplace comme l'indiquent la figure 2 et le tableau I.

La connaissance de ces valeurs de x permet d'étudier le problème dans toute sa généralité, c'est-à-dire, en donnant à l'ion complexe la formule indéterminée $[Bi(SCN)_n]^{(n-3)-}$, de rechercher pour quelle valeur de n l'existence d'une constante de dissociation peut être mise en évidence. L'expression de cette constante d'équilibre est en effet la suivante :

$$K = \frac{p^{n-1}\Gamma^n[(p+n)x - n]^{n+1}}{(p-1)^n[n-(n+1)x]},$$

c'est-à-dire qu'elle est connue en fonction des données expérimentales. Les résultats des calculs effectués en donnant à n les valeurs 5, 6 et 7 sont groupés dans le tableau.

	r.	p.	x.	K $n=5$.	K $n=6$.	K $n=7$.
Courbe I........	0,10	6	0,775	$2,3.10^{-2}$	$3,8.10^{-3}$	$6,0.10^{-4}$
	0,10	10	0,650	$1,8.10^{-2}$	$4,1.10^{-3}$	$8,4.10^{-4}$
» II.......	0,050	20	0,600	$1,4.10^{-2}$	$4,4.10^{-3}$	$1,3.10^{-3}$
» III......	0,020	50	0,580	$1,8.10^{-2}$	$6,7.10^{-3}$	$2,8.10^{-3}$

TABLEAU I.

On voit que l'on obtient deux séries de valeurs de K également satisfaisantes en supposant que $n = 5$ ou que $n = 6$, c'est-à-dire que les deux formules



$$[Bi(SCN)_5]^{2-} \quad \text{et} \quad [Bi(SCN)_6]^{3-}$$

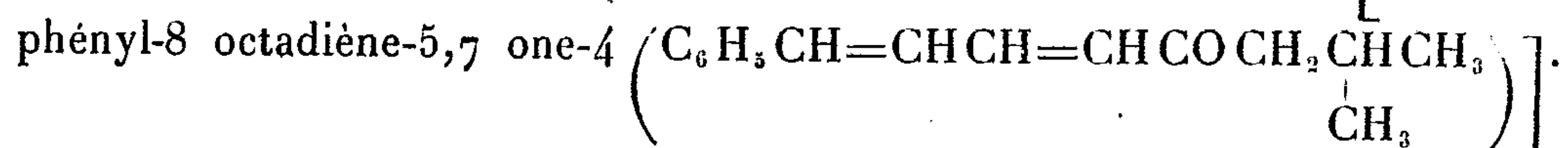
apparaissent comme également probables. En tenant compte de ce que nous a appris l'étude des solutions équimoléculaires, on peut toutefois conclure que, si les deux anions doivent coexister, c'est le second qui est prédominant. La valeur $K = 4,7.10^{-3}$ que l'on peut attribuer à sa constante d'équilibre (au voisinage de 20°) en fait d'ailleurs un complexe assez imparfait.

L'anion des bismuth-thiocyanates cristallisés préexiste donc en solution et correspond à la coordinence la plus fréquente du bismuth.

Il est intéressant de remarquer par ailleurs que rien dans nos expériences ne permet de déceler la formation du thiocyanate de bismuth $(SCN)_3Bi$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation par le nickel Raney de la cinnamalméthylisobutylcétone*. Note de M. **Zafiris Zafiriadis**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Poursuivant une étude commencée en collaboration avec M. Pierre Mastagli, de l'influence des radicaux sur l'hydrogénation des cétones diéniques [1], [2], nous avons été amené à préciser les conditions d'hydrogénation sous pression, en présence de nickel Raney, de la cinnamalméthylisobutylcétone [méthyl-2



phényl-8 octadiène-5,7 one-4 $\left(C_6H_5CH{=}CHCH{=}CHCOCH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_3\right)$].

Préparation de la cinnamalméthylisobutylcétone. — Nous avons préparé cette cétone en condensant la méthylisobutylcétone avec l'aldéhyde cinnamique. Les meilleurs résultats ont été obtenus en ajoutant petit à petit, sous vive agitation, à un mélange de deux parties d'aldéhyde cinnamique et de deux parties de méthylisobutylcétone, refroidies dans la glace, une partie d'une solution à 10 % d'alcoolate de sodium dans l'alcool. Après 48 heures d'agitation nous

(1) P. Mastagli et Z. Zafiriadis, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 184.
(2) Z. Zafiriadis, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 731.

avons obtenu la cinnamalméthylisobutylcétone qui possède les constantes suivantes : ($C_{15}H_{18}O$) $É_{18}$ 194-195°; n_D^{20} 1,6052; d_4^{20} 0,993. La dinitrophénylhydrazone de cette cétone a un point de fusion de 165°.

Hydrogénation de la cinnamalméthylisobutylcétone. — Cette cétone, sans solvant, avec 5 % de nickel Raney, maintenue pendant 3 heures à la température ambiante sous une pression d'hydrogène de 100 atmosphères, nous a donné la cétone saturée correspondante, c'est-à-dire la méthyl-2 phényl-8 octanone-4 $\left[C_6H_5(CH_2)_4COCH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}CH_3\right]$ possédant les constantes suivantes: ($C_{15}H_{22}O$) $É_{760}$ 294-295°, n_D^{20} 1,4960, d_4^{20} 0,942.

Hydrogénation de la méthyl-2 phényl-8 octanone-4. — Cette cétone avec 5 % de nickel Raney, hydrogénée pendant 3 heures, à la température de 120°, sous une pression de 100 atmosphères, nous a donné l'alcool correspondant, le méthyl-2 phényl-8 octanol-4 $\left[C_6H_5(CH_2)_4\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}CH_3\right]$ possédant les constantes suivantes : ($C_{15}H_{24}O$) $É_{760}$ 298-299°, n_D^{20} 1,4985, d_4^{20} 0,932.

Hydrogénation du méthyl-2 phényl-8 octanol-4. Pour passer au produit cyclanique correspondant, il a fallu hydrogéner cet alcool avec 10 % de nickel Raney pendant 12 heures, à 260°, sous une pression de 100 atmosphères. Le méthyl-2 cyclohéxyl-8 octanol-4 $\left[C_6H_{11}(CH_2)_4\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}CH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}CH_3\right]$ ainsi obtenu possède les constantes suivantes : ($C_{15}H_{30}O$) $É_{760}$ 291-292°, n_D^{20} 1,4618, d_4^{20} 0,886.

De cet alcool nous avons obtenu par oxydation au bichromate, en milieu acétique, la méthyl-2 cyclohexyl-8 octanone-4 $\left[C_6H_{11}(CH_2)_4COCH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}CH_3\right]$ possédant les constantes suivantes : ($C_{15}H_{28}O$) $É_{760}$ 288-289°, n_D^{20} 1,4608, d_4^{20} 0,889.

Conclusion. — Il semble donc qu'à l'exception du premier terme (la cinnamalacétone) les cétones du type cinnamal s'hydrogènent d'une façon assez régulière et qu'en faisant varier le radical aliphatique qu'elles possèdent, on ne remarque, dans leur comportement vis-à-vis de l'hydrogène, à haute pression et en présence du nickel Raney, aucune différence notable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Purification, séparation et dosage des homologues du thiophène provenant de la pyrogénation des calcaires bitumineux.* Note (*) de M. **Marius Picon**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les calcaires bitumineux de sédimentation du Tyrol et de l'Ain donnent par pyrogénation des huiles pour ichthyol caractérisées par leur richesse en soufre et en thiophènes.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

Scheibler, en 1920, purifia l'huile autrichienne par l'action de la chaux sodée, puis du sodium à chaud et termina par une distillation jusqu'à 280° dans un vide de 15^{mm}. Il estima que l'huile contenait environ 50 % de thiophènes accompagnés par des carbures saturés ou benzéniques et des cyclanes. Le rendement de cette opération est très faible car un magma d'impuretés sodiques retient de grandes quantités d'huile; en outre, nous avons constaté que les homologues du thiophène commencent à se décomposer lorsque la température dépasse 120°.

La purification suivante de l'huile brute permet d'éliminer les mercaptans, les thiophénols, les thioéthers, les pyrrols peu abondants, près de 10 % de dérivés oxygénés spécialement cétoniques et 3 à 6 % de carbures non saturés. On aboutit ainsi à des homologues du thiophène accompagnés par les carbures déjà signalés par Scheibler. Elle est basée sur le fait que l'acide sulfurique à 79 % en poids n'attaque pas les thiophènes à la température ordinaire pour un contact limité à 15 minutes. L'acide provoque un véritable dégoudronnage que l'on améliore encore en distillant au préalable l'huile brute à 120° dans le meilleur vide possible et avec un entraînement à la vapeur d'eau surchauffée à cette température. On emploie, suivant les cas, 10 à 20 % d'acide par rapport à l'huile. Après décantation, on chauffe une heure à 120° en présence de soude caustique en paillettes. Il se forme une suspension colloïdale de combinaisons sodiques faciles à floculer par filtration sur 1 à 2 % de charbon actif. Finalement, on rectifie. Le rendement est voisin de 80 %. L'emploi d'une assez forte colonne industrielle avec 36 plateaux, par exemple, fonctionnant sous une pression inférieure à 1^{cm} permet d'opérer un fractionnement efficace, mais il est nécessaire de ne pas dépasser 120°. On s'aide donc de la vapeur d'eau pour entraîner les fractions lourdes.

On peut ainsi isoler des liquides contenant, avec les carbures, un seul homologue du thiophène ou ses isomères dans une proportion dépassant 90 %. Les intervalles à observer pour le fonctionnement sont déterminés par les valeurs connues des points de distillation des divers thiophènes jusqu'aux amyls. Les homologues supérieurs encore inconnus ont été obtenus par fractions de 25°.

On réalise les portions suivantes :

	Thiophène.	Méthyls.	Éthyls.	Propyls.	Butyls.	Amyls.
Pression de 76^{cm}...	79 à 96°	97 à 122°	123 à 149°	150 à 172°	173 à 201°	202 à 225°
» 2^{cm}...			29 à 51°	52 à 72°	73 à 93°	94 à 144°

	Hexyls.	Heptyls.	Octyls.	Nonyls.	Décyls.
Pression de 76^{cm}.......	226 à 250°	251 à 275°	276 à 300°	301 à 325°	326 à 350°
» 5^{mm}......	90 à 110°	111 à 129°	130 à 147°	148 à 165°	166 à 183°

Les dernières portions sont ensuite identifiées par leur distillation à la pression ordinaire. Elles peuvent se colorer faiblement au contact de

la soude caustique, mais une filtration sur du charbon actif donne alors des produits ne possédant plus que les odeurs propres de ces homologues et devenant presque inodores à partir des octyls.

Pour éliminer les carbures accompagnant les thiophènes, on utilise des fractions constituées par des mélanges carbures thiophènes dont la distillation s'effectue dans un intervalle de un à deux degrés, puis on recommence un fractionnement avec entraînement par une quantité suffisante de vapeur d'eau et sous une dépression aussi poussée que possible. Ceci permet de séparer d'abord les carbures et de recueillir ensuite un homologue du thiophène ou le mélange de ses isomères.

L'analyse de la fraction octyle, par exemple, donne les résultats suivants : C 73,14 % ; H 9,77; S 16,29 au lieu des chiffres théoriques : C 73,4 %; H 10,26; S 16,33.

En l'absence de méthodes de dosage direct du soufre à l'état thiophénique, il a été cependant possible de déterminer la quantité de thiophène acétylable. On procède à l'acétylation du noyau thiophénique, à l'exclusion des dérivés benzéniques, au moyen du chlorure d'acétyle en présence de chlorure stannique dans les conditions indiquées par Stadnikow et Rakowsky en 1928.

La fonction cétone ainsi créée ne peut être dosée par pesée de la semicarbazone dont la cristallisation est incomplète. Nous utilisons le chlorhydrate d'hydroxylamine en présence d'un excès de carbonate de calcium pour avoir un milieu neutre et en chauffant deux heures à la température d'ébullition de la solution benzénique à doser.

On obtient ainsi des valeurs correspondant à 98 % de la théorie pour les méthylthiophènes. Avec les homologues assez élevés, l'acétylation qui est à l'origine de ce dosage ne peut s'effectuer lorsque le noyau thiophénique est tétrasubstitué et peut être même disubstitué en α et α'. On ne trouve donc que 65 % de thiophènes acétylables pour les octyls, 82 avec les hexyls, 85 pour les amyls et 93 % pour les butyls.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Autoxydation de cétones énolisables.* Note (*) de M. **Jean Rigaudy**, présentée par M. Charles Dufraisse.

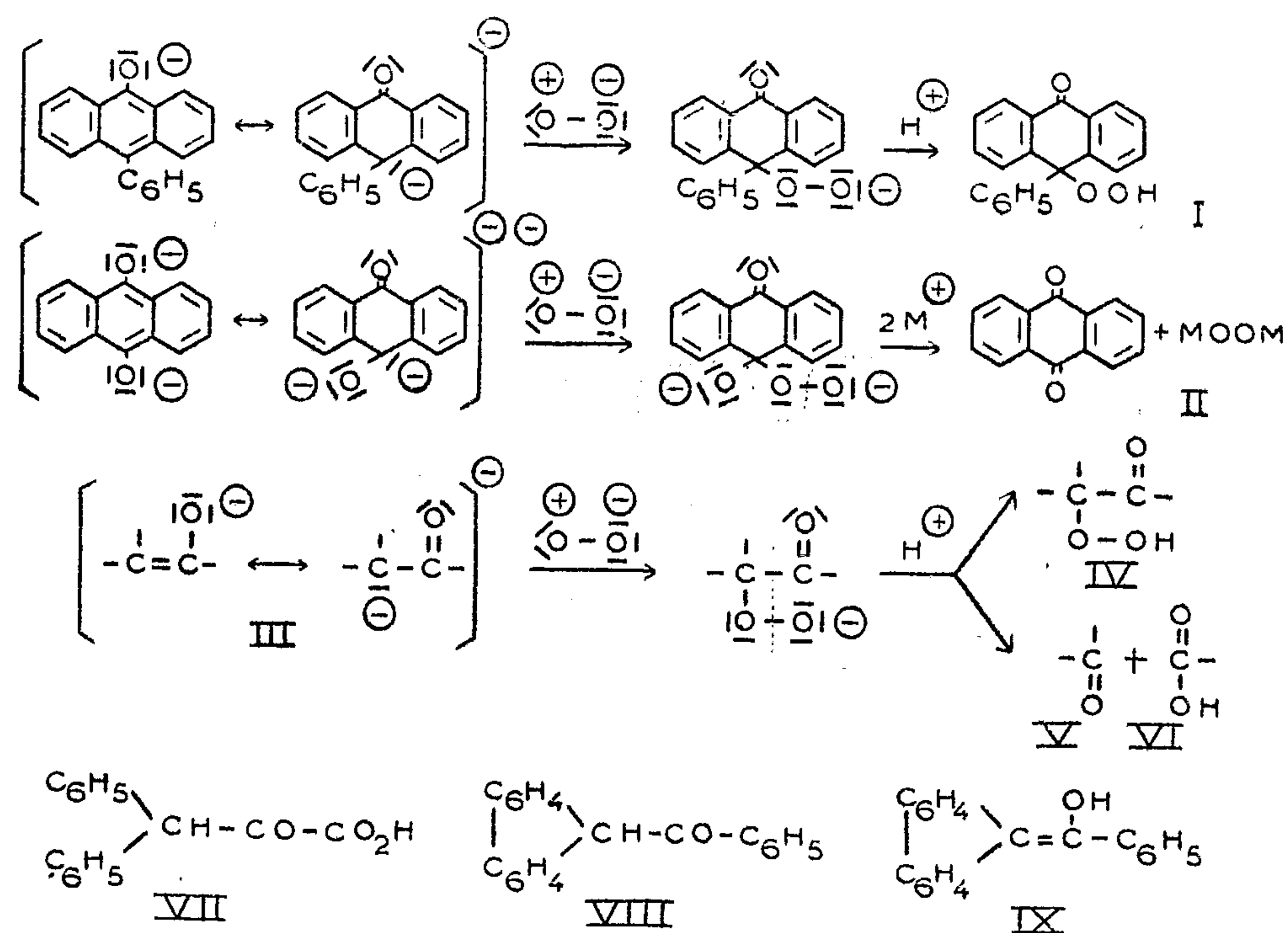
Les anthranols mésosubstitués donnent par autoxydation des hydroperoxydes ([1]), ([2]) et se présentent ainsi comme une classe particulière d'énols autoxydables, tels ceux décrits par Kohler, qui conduisent tous à des hydro-

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) P. L. Julian et A. Magnani, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 2174 et mémoires suivants.

([2]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1773; *Bull. Soc. Chim.*, (5), 15, 1948, p. 804.

peroxydes ([1]). Dans une Note récente ([2]) il a été précisé à propos du méso-phénylanthranol que la fixation de l'oxygène semblait liée au passage de la molécule neutre à l'état d'anion stabilisé par mésomérie. Un mécanisme (I) a été proposé qui permet, par extension, de se représenter l'autoxydation alcaline de l'anthrahydroquinone (II) et vraisemblablement celles d'autres polyphénols, du moins au premier stade. Les observations que j'apporte maintenant fournissent une base expérimentale à la généralisation d'un semblable mécanisme aux corps cétoniques énolisables.



On pouvait supposer, en effet, qu'il existe des structures susceptibles de donner naissance à des ions tels que (III) stabilisés dans des états assez réactifs pour capter l'oxygène et conduire ainsi soit aux hydroperoxydes correspondants (IV), soit à leurs produits normaux de décomposition, cétone ou aldéhyde (V) et acide (VI).

En vue d'éprouver le bien-fondé de ces conceptions, j'ai examiné le comportement vis-à-vis de l'oxygène de corps cétoniques dont les tautomères énoliques différaient beaucoup des anthranols. Mon choix s'est fixé tout d'abord sur deux composés très éloignés l'un de l'autre par leurs natures, l'acide diphénylpyruvique (VII), et le benzoylfluorène (VIII), dont les autoxydations n'avaient pas encore été étudiées à ma connaissance.

([3]) J. Rigaudy, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1993.

J'ai constaté qu'une solution d'acide diphénylpyruvique (VII), dans la soude aqueuse N se troublait immédiatement au contact de l'air, par suite de la formation de benzophénone, tandis que le reste de la molécule initiale était transformé en acide oxalique, conformément au schéma (III à VI). La réaction est d'une netteté remarquable : la benzophénone, formée avec un rendement de 97,5 %, est obtenue directement pure, fondant à 47° à l'état brut. Quant à l'acide oxalique, on le trouve dans la solution alcaline avec un rendement de 97,7 %. J'ai établi ensuite que la vitesse de cette autoxydation diminuait considérablement avec le pH de la solution. Ainsi, tandis que dans la soude N, les produits de dégradation se forment très rapidement, dans le CO_3Na_2 en solution moléculaire (pH = 12,15) la réaction se trouve notablement ralentie et elle devient inappréciable dans le CO_3NaH en solution saturée (pH = 8,4), au point que le passage dans ce milieu constitue un excellent moyen de purification de l'acide diphénylpyruvique.

Le benzoylfluorène (VIII) est sensibilisé à l'oxygène lorsqu'on le fait passer en solution alcaline : il nous fournit un second exemple caractéristique de scission. En potasse hydroalcoolique N, une autoxydation relativement lente s'établit et donne de la fluorénone en quantité (Rdt 85 %). En solution neutre, au contraire, il ne se produit pas de scission, ni avec l'une ni avec l'autre des deux formes desmotropes, la forme cétonique stable (VIII) ou la forme énolique instable (IX).

De ces observations il ressort que, dans les deux cas envisagés, ce sont bien les formes ioniques qui sont responsables de l'autoxydation, l'addition d'alcali ayant pour effet de les faire apparaître et de les maintenir. On conçoit sans peine que certains énols libres, tels les énols de Kohler, soient spontanément ionisés à un taux suffisant pour manifester directement de l'autoxydabilité, sans l'adjuvant d'un alcali. Je me propose de rechercher les conditions, structurales ou autres qui déterminent le phénomène.

Dans les deux autoxydations étudiées, les tentatives d'isolement des hydroperoxydes intermédiaires sont demeurées jusqu'à présent également vaines, probablement par suite de la grande instabilité de ces produits, surtout en milieu alcalin. Ainsi, il faudra encore rechercher les causes de la fragilité de certains hydroperoxydes, qui contraste tant avec la stabilité de certains autres, comme ceux des anthranols de Julian et ceux des énols de Kohler.

MINÉRALOGIE. — *Transformation par voie électrolytique de quelques sulfures métalliques naturels.* Note de M. **Jean Prouvost**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'influence de phénomènes électrochimiques dans la transformation des constituants sulfurés des minerais métalliques, par remplacement, a été

indiquée par plusieurs auteurs, G. Vibert Douglas, R. Goodman et R. C. Milligan notamment [1].

Nous avons repris ces expériences dans le but de préciser les conditions dans lesquelles s'opèrent les transformations et surtout d'appliquer la méthode à divers autres sulfures.

I. *Transformations opérées sur la pyrite.* — Selon le dispositif des auteurs cités ci-dessus, un cristal de pyrite est enrobé dans une matière isolante, à l'exception de deux faces opposées, dont l'une est immergée dans une solution de sulfate de cuivre et l'autre dans de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique. Le passage du courant sous une tension de quelques volts est assuré grâce à deux électrodes, l'une en cuivre plongeant dans le sulfate, l'autre en platine immergée dans l'eau acidulée. La polarité est telle que le métal de l'électrolyte se dépose sur le minéral et pénètre à l'intérieur du réseau de la pyrite. Nous avons obtenu une transformation nette au bout de 10 jours de traitement en opérant à 18°C. sous une tension de 1,6 volt en utilisant une solution saturée de sulfate de cuivre.

L'étude de la surface au microscope métallographique polarisant permet d'y reconnaître la chalcocite et la covellite.

Une attaque nitrique légère met en évidence sur le minéral gris bleuté les figures de corrosion caractéristiques de la chalcocite, mais laisse apercevoir la faible épaisseur de la couche transformée. La pyrite réapparaît en effet si l'attaque se prolonge; cependant cette surface a supporté un polissage léger.

Dans le but d'étudier les conditions de réversibilité du phénomène, nous avons cherché à obtenir de la pyrite en partant de la covellite, l'électrolyte utilisé étant le sulfate ferreux en solution saturée. L'électrode était évidemment en fer, la tension comme précédemment 1,6 volt et la température, 18°C. Au bout de 24 heures nous avons constaté que la covellite était transformée non en pyrite, mais en chalcopyrite. Les fragments recueillis ont été polis et examinés en lumière polarisée réfléchie. On constate ainsi que la transformation est très profonde; il ne subsiste que peu de covellite non transformée.

II. *Transformations réalisées avec la chalcopyrite.* — Nous avons pu réaliser une expérience analogue avec la chalcopyrite en utilisant à nouveau comme électrolyte le sulfate de cuivre et le cuivre comme électrode. Dans les mêmes conditions que précédemment, c'est-à-dire à une température environ 18°C. et avec une tension de 1,6 volt, nous avons obtenu au bout de huit jours une transformation superficielle mais nette de la chalcopyrite en chalcocite.

Afin d'étudier l'action de la chaleur sur le processus de transformation, nous nous sommes attachés à élever la température. Celle-ci a été maintenue aussi constante que possible à 65°C. Avec un fragment analogue à celui utilisé dans les conditions normales, au bout de 12 heures, sous une tension de 1,4 volt

(1) *Economic Geology*, 41, 1946, p. 546 et suiv.

seulement, la transformation était déjà importante sur toute la surface. La chalcopyrite s'était recouverte de chalcocite. La quantité totale de courant ayant traversé le minéral étant beaucoup plus faible que dans l'essai précédent l'excès de dépôt métallique, fort génant pour l'observateur, était ici presque inexistant.

Nous pouvons donc conclure que l'élévation de température favorise, sans la modifier, la transformation de la chalcopyrite en chalcocite.

III. *Transformation réalisée sur la galène.* — Le sulfure de plomb présente l'avantage d'avoir, en lumière réfléchie, un aspect fort différent des sulfures de cuivre que nous nous proposions d'obtenir. Il n'y avait pas lieu de modifier le dispositif ordinaire et l'expérience s'est déroulée dans les conditions normales, à savoir tension 1,6 volt et température 18° C.

Le dépôt métallique à la surface du minéral était assez abondant, ce qui doit tenir à la faible résistance électrique de la galène. L'examen de la section après 8 jours de traitement laisse voir sous le dépôt métallique une couche transformée gris bleuté. L'examen en lumière réfléchie montre que ce dépôt est constitué par de la chalcocite.

Conclusion. — Ces quelques expériences montrent déjà combien les sulfures métalliques naturels sont sensibles aux actions électrolytiques. On voit aussi que le choix judicieux des conditions opératoires permet de faire varier l'intensité de la transformation et la durée des expériences. L'influence de la température est particulièrement nette puisque, par une élévation de température de 18° à 65° C., on obtient sur la chalcopyrite, la même intensité de remplacement par la chalcocite, en réduisant la durée de l'opération de 8 jours à 12 heures. Il paraît donc possible de réaliser certaines transformations des sulfures métalliques naturels par voie électrolytique, qui permettront de mieux comprendre les phénomènes de remplacement dans les gîtes métallifères.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la surface d'érosion polycyclique du Liban.* Note (*) de M. **Étienne de Vaumas**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Le relief du Liban (1) donne l'impression, à première vue, d'être exclusivement structural. Une étude plus attentive permet de constater que le travail des cycles anciens d'érosion détermine encore une part très importante du façonnement actuel du massif :

1° L'*histoire géologique* (2) pouvait d'ailleurs le laisser pressentir. Celle-ci

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2086-2088; 224, 1947, p. 140-142.

(2) On s'appuie ici pour tout ce qui est de la stratigraphie et de la géologie sur les travaux de Zumoffen, Dubertret, Wetzel et Haller, Heybrœk, etc.

se caractérise en effet par toute une série de phases de surrection, séparées par des phases de sédimentation, qui se situent : au Callovien et à l'Oxfordien, de la fin du Kimmeridjien à l'Albien, au Turonien, au Nummulitique, au Burdigalien, au Pontien, ainsi qu'à la fin du Pliocène et au Quaternaire.

Les mouvements orogéniques du secondaire n'ont laissé aucune trace dans la morphologie actuelle. Il n'en est pas de même de ceux du Tertiaire, qui ont été des périodes d'érosion intense, comme le montrent les observations suivantes.

2° Les différentes pénéplanations du Liban au Tertiaire.

a. L'Éocène est transgressif sur un substratum secondaire qui représente une première surface d'érosion (S_1), d'âge post-sénonien et pré-nummulitique.

b. Au promontoire de Ras Chekka, les calcaires helvétiens reposent sur le Sénonien par l'intermédiaire d'un poudingue de base; on a donc une surface d'érosion (S_2) post-sénonienne et anté-helvétienne. Une autre surface ($S_3 S_4$) nivelle l'Helvétien, le Sénonien et le Turonien; elle est par conséquent post-helvétienne.

c. Sur la rive droite du Nahr el Barid, les poudingues pontiens plissés et arasés, sont recouverts par des dépôts marins du Plaisancien. Une nouvelle surface d'érosion recoupe à son tour Plaisancien, Pontien et Cénomanien. On est donc en présence d'une surface (S_3) post-pontienne et anté-plaisancienne, et d'une surface (S_4) post-plaisancienne.

d. On retrouve ces deux dernières surfaces à Andeket, à l'extrémité septentrionale du Liban où les basaltes des plateaux d'Akkar ont fossillisé la bordure nivelée de la montagne. Comme ces basaltes sont plaisanciens ([3]), ce nivellement apparaît donc comme celui de la surface S_3. Basaltes et Cénomanien sont à leur tour arasés par une surface (S_4) qui s'est étendue sur tous les plateaux comme le montrent les méandres encaissés des rivières qui y coulent.

En résumé, l'on peut distinguer quatre surfaces d'érosion au Liban : S_1, post-sénonienne et anté-nummulitique; S_2, post-sénonienne (post-éocène) et anté-helvétienne; S_3, post-helvétienne et anté-plaisancienne; S_4, post-plaisancienne et quaternaire.

Les surfaces S_1, S_2, S_3, S_4 s'étendent largement tout autour du Liban. On ne peut distinguer en fait leurs extensions respectives pour les raisons suivantes : les dépôts récents manquent à l'intérieur de la montagne, dépôts qui permettraient de les identifier à coup sûr; par ailleurs, ces surfaces sont très fortement plissées et se recoupent sous des angles très faibles; il est donc vain de chercher à les reconstituer séparément. Elles constituent une surface à facettes ou polycyclique qui, seule, peut être décrite.

3° *Extension de la surface polycyclique.* — Vers l'Ouest, les couches du Liban

([3]) L. Dubertret, *C. R. somm. Soc. géol. de Fr.*, 1940, p. 55-57.

qui s'élèvent depuis le littoral, sont uniformément recoupées par la surface topographique qui a partout une pente plus faible que celle des strates. La surface d'érosion monte en général jusqu'à 1000^m, mais peut atteindre jusqu'à 1300 et même 1400^m; elle n'est interrompue que par les gorges des rivières et tous les reliefs structuraux n'y sont encore qu'à l'état d'ébauches.

Il en est de même du côté de la Bekaa où la surface d'érosion se suit dans les avant-monts libanais jusqu'à 2000^m et même jusqu'à 2300^m. Près de Zahlé, on la voit recouper la Nummulitique et le Néogène lacustre, elle peut donc être identifiée à celle que l'on observe sur le versant méditerranéen.

4° *Conclusions.* — Le pli de fond du Liban, ébauché au Secondaire, s'est constitué définitivement au Tertiaire et au Quaternaire ([1]).

Le façonnement général de l'heure actuelle a été préparé par des phases de pénéplanation qui correspondaient aux périodes de surrection et qui ont donné naissance à une surface polycyclique s'étendant primitivement sur tout le massif. A en juger par le calibre des poudingues qui se sont répandus en nappes dans le Liban nord-occidental et par l'importance de ces nappes, les phases d'érosion les plus actives, correspondant par conséquent aux surrections les plus marquées, sont celles du Pontien et celle de la fin du Pliocène et du Quaternaire.

Présentement, le Liban se divise en deux grandes zones morphologiques. Sur tout son pourtour, le relief est dû à la surface polycyclique et à ses déformations dont les axes se superposent exactement à ceux des déformations des couches. Malgré la vigueur du plissement de la pénéplaine, ce relief a partout quelque chose d'émoussé. Dans son centre, l'érosion déchaînée par l'altitude et par la proximité du niveau de base, a fait disparaître toute trace de la surface polycyclique et y a dégagé un magnifique relief structural de type préalpin; ce défoncement est très récent : amorcé au Pontien, il doit être l'œuvre surtout de la fin du Pliocène et du Quaternaire.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur des sols structuraux sous-marins de la côte Ouest du Groenland* ([1]). Note (*) de M. **Jean Malaurie**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Au-dessous du niveau des basses mers, sous une pellicule de 1 à 2 mètres d'eau, j'ai observé, l'été dernier, sur la côte Ouest du Groenland (baie de Disko) des sols structuraux sous-marins.

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 160-162.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) Observations faites au cours de l'expédition française au Groenland, 1948 (mission P. E. Victor) dans la région de Diskò (baie de Satut dans l'Anap Núna et plage d'Ata dans le Nugsuak).

Sur des plages sableuses, faiblement inclinées (1 à 2°), on note des couronnes de pierres découpant le sol en compartiments grossiers. Individualisées, elles sont écartées les unes des autres de 50cm environ. Les compartiments sont de petites dimensions : 40 à 60cm de diamètre. Les bourrelets, saillants de 40 à 80cm, larges de 10 à 20cm, isolent des masses argileuses, bombées et humides (mollisols). La longueur moyenne des plus gros cailloux est égale au 1/5 environ du diamètre du réseau. Les pierres sont posées à plat, sans matrice. Si l'on opère une section à travers ces sols sous-marins, on note que ces bandes pierreuses se poursuivent en profondeur jusqu'à 40cm (type polygone flottant). Elles reposent sur un niveau argileux, épais de 20cm environ. Le tjäle n'est atteint qu'à 70-80cm.

Ces accidents se trouvent en une région polaire humide à minima et maxima annuels de — 19° et + 8°, sur des littoraux abrités sur le bord desquels on remarque des glaçons riverains, à proximité, enfin, de talus morainiques (baie de Satut) ou de plages fluviatiles (Ata). L'hétérogénéité des matériaux littoraux, le profil du tjäle, la distribution des glaces riveraines, paraissent en commander la répartition. Ces accidents, en effet, ne sont pas le produit d'une émersion antérieure. Ils se forment effectivement sous l'eau, vagues et marées bouleversant périodiquement, de nos jours, ces levées pierreuses.

On se souvient de l'interprétation physique de Stephen Taber (2) et de V. Romanovsky (3). Peut-être faudrait-il en voir ici une illustration locale. Au cours du dégel estival, l'eau de fonte des glaces riveraines, retenue par le niveau argileux, imprègne la couche sableuse, elle diminue sa salure et détermine entre les couches superficielles et les masses profondes des différences de densité. Ce nouvel apport est fonction de la perméabilité et de la capillarité des sables. Avec le gel, les infiltrations cessent en amont et l'eau salée imprègne la masse perméable. La différence de densité des eaux marines et souterraines d'une part, et de température du sol d'autre part, déterminerait, au cours de l'été, en ces sables et argiles, des courants convectifs, ascendants et centrifuges, descendants et verticaux. Ces mouvements internes se traduiraient par un classement des matériaux du substrat littoral.

L'action des courants convectifs sur le cailloutis est d'autant plus grande que le milieu qui le baigne est plus dense. Le poids apparent du matériau, compte tenu de la poussée d'Archimède du milieu fluide dans lequel il se trouve, est, en effet, plus faible dans l'eau que dans l'air. Les littoraux seraient, ainsi, théoriquement, des sites de formes cryopédologiques dont les bourrelets seraient particulièrement accusés.

---

(2) *Journal of Geology*, 1929.

(3) *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, nov.-déc. 1940, nos 132, 133, p. 69-75. Mise au point récente de A. Cailleux (*Centre de Documentation Universitaire*, Paris, 1948. p. 27-48).

PÉDOLOGIE. — *Sur la formation de la carapace zonaire en Algérie.* Note de M. **Georges Charles**, présentée par M. Albert Demolon.

1. La formation calcaire superficielle désignée communément sous le nom de croûte, qui s'étend sur de grandes surfaces en Afrique du Nord, depuis la bordure Nord du Sahara jusqu'aux rivages de la Méditerranée, est recouverte, à la partie supérieure, par une carapace dure et zonaire. Cette carapace qui peut se former sur toutes les roches calcaires, existe notamment dans la région d'Alger où la pluviosité est relativement élevée. Le caractère du climat qui conditionne sa formation actuelle est une évaporation active après une période de pluie, condition réalisée à peu près partout en Algérie.

2. L'origine essentielle du calcaire constituant la carapace zonaire est, ainsi que l'ont signalé plusieurs auteurs, le lessivage et le remaniement, par les eaux de pluie, du haut de la formation. Cependant, dans de nombreux cas, le processus de décalcification des sols concourt à sa constitution. Il convient de souligner pour ce pays, l'intensité du phénomène de dissolution du calcaire par les eaux aériennes chargées de gaz carbonique qui, à certaines époques de l'année, sont relativement tièdes. Le pouvoir dissolvant de l'eau peut être en outre augmenté dans le sol par le gaz carbonique que dégagent les plantes et l'activité microbienne.

3. Il résulte de mes observations que la formation de la carapace zonaire est liée, dans le cas où il existe un sol, à un système radiculaire développé. Je citerai comme exemple typique, les carapaces étagées se trouvant sur et dans la partie supérieure de la molasse du faciès Astien près d'Alger, notamment à Hydra et près d'El-Biar.

Dans les talus de routes, sous un sol dont l'épaisseur ne dépasse pas $0^m,60$, on remarque une première carapace qui tapisse la surface de la molasse calcaire, puis au-dessous, jusqu'à trois formations identiques à la précédente dans des fractures sensiblement parallèles à la surface ou encore incurvées ou obliques. La liaison des carapaces et d'un feutrage de racines est constante. Un autre fait remarquable est l'absence de croûte zonaire dans les fractures où les racines n'ont pu pénétrer; il y a dépôt d'un calcaire blanchâtre plus ou moins pulvérulent.

Cette constatation générale s'explique par le fait que le sol et la formation calcaire étant de perméabilité différente, lors des pluies, il s'accumule de l'eau à la surface de la roche la moins perméable, véritable petite nappe aquifère temporaire qui peut se mettre en mouvement des points hauts vers les points bas. Dans le cas de roches calcaires tendres dont la perméabilité est appréciable (croûtes, molasses, tufs, etc.), cette accumulation ou ce déplacement qui peut provoquer des suintements, est favorisé par une diminution de la perméabilité de la roche par enrichissement en calcaire de la zone superficielle. Les racines des végétaux, surtout des arbres, viennent s'étaler largement à la surface de la

couche calcaire. L'absorption de l'eau par les racines provoque par concentration de la solution, la précipitation du carbonate de chaux dissous. L'intermittence du phénomène de précipitation, qui est lié à la pluviosité, est à l'origine de l'aspect zonaire de la carapace. Les zones plus ou moins brunâtres qui existent parfois dans cette dernière sont colorées par de la matière organique.

L'existence de carapaces zonaires étagées montre bien qu'il ne s'agit pas, comme on l'a dit, d'une formation provoquée par une simple évaporation de l'eau contenue dans le sol; la liaison constante des carapaces en formation et des racines dénote d'une façon évidente, le rôle joué par ces dernières. J'ai en outre observé qu'on ne rencontre jamais de croûte zonaire lorsque la roche calcaire sous-jacente a une perméabilité supérieure à celle du sol qui la recouvre, ou encore lorsqu'un sol est suffisamment épais pour que seules les racines profondes atteignent la roche calcaire.

Si sur un sol reposant sur une formation calcaire à carapace zonaire, la végétation à système radiculaire important (forêt) vient à disparaître, cette carapace cesse de se constituer. Elle s'altère plus ou moins rapidement selon l'importance de la pluviosité jusqu'à disparition complète. Un exemple typique de ce processus a été mis en évidence dans les fouilles effectuées récemment au lotissement de la Cité Militaire près de Maison Carrée.

Sous le sol, à la surface des calcaires lacustres, il ne reste plus que des lambeaux de croûte zonaire. La destruction de la forêt qui recouvrait cette région et dont il reste des vestiges à El-Alia, est à l'origine de la disparition progressive de la carapace zonaire sous l'action de la pluviosité, importante dans cette région.

IV. Lorsque la carapace zonaire a été mise à nu par l'érosion, on constate que les parties hautes s'altèrent plus ou moins rapidement sous l'action des phénomènes atmosphériques. Il y a craquellement occasionné par les variations de température et dissolution. Dans les parties basses, il se forme, par évaporation de l'eau, une carapace généralement moins compacte et de couleur plus claire que l'originelle. Il s'ensuit que les parties hautes ne se forment plus actuellement, elles se sont constituées à une époque antérieure où leur était superposé un sol couvert de végétation. Ainsi, la présence d'une carapace zonaire qui s'étend à l'air sur une surface importante dénote l'existence, à une époque plus ou moins éloignée, d'un sol et d'une forêt.

V. Le mode de formation de la carapace zonaire exposé au paragraphe III, fournit l'explication de la régénération tout à fait exceptionnelle de la croûte calcaire qui a été signalée dans quelques régions des Hauts-Plateaux. Par suite du passage des instruments de culture, il se forme, à une certaine profondeur, une *semelle* peu perméable. L'eau de pluie chargée de carbonate de chaux dissous dans le sol ou provenant des débris de croûtes épars dans ce dernier, s'infiltre et s'accumule à la limite de cette *semelle* en constituant une zone humide. Les racines de céréales vont y absorber l'eau en provoquant une

précipitation du calcaire. Ainsi se constitue peu à peu une croûte mince et peu perméable. C'est dans ce processus que l'on a voulu voir la régénération des croûtes.

De la même manière, il se forme parfois, à la profondeur atteinte par les instruments de travail, dans certains vignobles du Tell situés sur les marnes du Cartennien (Hammam-Righa et Bou-Medfa par exemple), une mince couche calcaire qui augmente encore l'imperméabilité du sous-sol.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les prétendues transmutations d'éléments constatées chez les végétaux : l'iode chez* Laminaria flexicaulis. Note de MM. **Émile Rinck** et **Jean Brouardel**, présentée par M. Louis Hackspill.

A la suite de différentes publications (¹), (²) affirmant que chez les Laminaires certains éléments, tels que l'iode et le potassium, pouvaient évoluer par transposition intra-atomique, nous avons entrepris une étude critique de ces travaux.

Des variations importantes et apparemment inexplicables de la teneur en iode de plusieurs laminaires avaient suggéré à P. Freundler (¹) l'hypothèse que cet élément s'y trouvait sous deux formes : l'une qu'il appela « iode normal », doué des propriétés habituelles de l'iode, donc accessible à l'analyse, l'autre, « iode dissimulé », ne présentant aucun de ces caractères, mais susceptible de se transformer en iode normal dans certaines conditions. Cet « iode dissimulé » serait constitué par l'isotope 127 de l'étain. Au cours de l'évolution de l'algue, l'iode puisé dans la mer serait accumulé en partie sous cette forme et restitué sous forme d'iode normal au cours du cycle annuel ou après la mort.

De même, M. H. Spindler (²) constatant des variations importantes du taux de l'iode chez des échantillons de *Laminaria flexicaulis*, affirme que ces variations sont dues à une genèse de l'iode par transmutation, cet élément étant émis d'une façon continue dans le milieu ambiant.

La base fondamentale de ces hypothèses est l'uniformité de répartition de l'iode dans l'algue.

Pour Freundler, les frondes de toutes les laminaires d'une même espèce, récoltées à la même époque et au même endroit, auraient une teneur constante et uniforme d'iode. Spindler, au contraire, observa sur *L. flexicaulis* des différences notables d'une fronde à l'autre, mais constata cependant l'uniformité de répartition de l'iode dans toute la fronde d'une même algue.

Nous avons d'abord essayé de vérifier cette uniformité de répartition. Nous avons été conduits, ensuite, à examiner non seulement l'hypothèse des auteurs

(¹) P. Freundler et coll., *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 37, 1925, p. 1466 et *Introduction à l'étude des complexes biologiques*, Paris, 1928.

(²) *Bull. Lab. Dinard*, 28, déc. 1946 et 31, juin 1948.

cités qui considéraient les transmutations comme une autolyse *post mortem*, mais aussi le cas où ce phénomène serait normalement lié à la vie.

Nos essais ont été effectués au Laboratoire maritime de *Dinard* en juin et octobre 1947, puis poursuivis dans de meilleures conditions expérimentales pendant l'été et l'automne 1948.

Méthodes expérimentales (³). — Des frondes de *L. flexicaulis* récoltées à l'île *Harbour* et amenées au laboratoire en moins d'une heure, étaient séchées au papier filtre, puis découpées en bandes d'égale surface (5^{cm^2}). Chaque échantillon était introduit dans un pèse-filtre à bouchon rôdé, pesé, puis additionné d'eau de mer. La connaissance du poids et de la surface permettait de s'assurer de la constance d'épaisseur de la région de fronde échantillonnée, condition exigée par la localisation de l'iode dans les premières assises cellulaires.

Les échantillons témoins étaient fixés immédiatement après l'échantillonnage, soit par congélation et maintien à — 80°C., soit par un échauffement brusque, suivi d'une dessiccation complète à 105°C., après addition préalable d'une quantité connue de carbonate de sodium.

L'iode était libéré de son support organique par combustion intégrale des échantillons dans un courant d'oxygène en présence de platine (⁴). L'iode distillé, recueilli dans une solution saturée de CO_3Na_2, était réuni à l'iode des cendres, oxydé en iodate et titré par une solution $n/100$ d'hyposulfite.

Résultats. — L'analyse de plus de 500 échantillons prélevés sur une cinquantaine de *L. flexicaulis*, à des époques différentes, a donné les résultats suivants :

1° Des algues récoltées au même endroit et à la même époque ne présentent pas la même teneur en iode; les différences peuvent dépasser 100 %.

2° L'uniformité de répartition n'existe pas; les variations de la teneur en iode d'un échantillon à son voisin peuvent atteindre 25 % suivant l'époque. De plus, l'iode augmente régulièrement au fur et à mesure qu'on s'éloigne du stipe; c'est ainsi que sur une longueur de 15^{cm} on peut observer, dans certains cas, une augmentation de sa teneur pouvant aller du simple au double. Ces différences, rapportées à l'algue fraîche, s'atténuent lorsque la teneur en iode est rapportée à la substance sèche; ceci est dû au fait qu'il existe aussi une variation régulière de la teneur en eau en fonction de la distance du stipe.

3° Les teneurs en iode des échantillons fixés à des intervalles de temps réguliers qui auraient dû présenter des variations systématiques par rapport aux précédentes s'il s'était produit des transmutations, étaient dans tous les cas comparables à celles des témoins. A une même hauteur de la fronde, la teneur en iode de ces échantillons restait toujours dans la zone de dispersion des taux observés chez les témoins.

(³) E. Rinck, *Bull. Lab. Dinard*, 30, avril 1948.

(⁴) T. Leipert, *Mikrochemie, Pregl Festschrift*, 1929, p. 266.

L'hypothèse des auteurs précités concernant l'évolution de l'iode par transmutation, fondée sur la constance et l'uniformité de la teneur en iode, repose donc sur des bases expérimentales erronées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la distribution de l'acide chlorogénique dans la famille des Composées et dans les organes de ces plantes.* Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Selon Gorter, l'acide tannique de *Hélianthus*, décrit par Ludwig et Kromeyer, est de l'acide chlorogénique impur. Il en est de même pour le *grünsaure* de Runge, qui se trouve, selon cet auteur, dans plusieurs Synantérées. Gorter (1909) a démontré la présence de l'acide chlorogénique dans les feuilles de 13 espèces de Composées : *Vernonia* sp., *Eupatorium pallescens* D. C., *E. javanicum* Bœrl., *Pluchea indica* Less., *P. odorata* Cass., *Helianthus annuus* L., *Tithonia diversipolia* Gray., *Tagetes erecta* L., *Stifftia chrysantha* Mikan., *Clibadium Surinamense* L., *C. asperum* D. C., *Gymnantemum grande* Sch. Un peu plus tard (1910), Ch. Charaux trouva cette substance dans les feuilles de quatre autres espèces très répandues : *Centaurea jacea, Helianthus doronicoïdes, Lappa major* et *Cichorium Intybus*.

Le but de la présente Note est de communiquer les résultats de nos recherches sur la distribution de l'acide chlorogénique dans la famille des Composées et sa répartition, dans les organes de ces plantes, laquelle était inconnue. Dans nos recherches, nous avons employé les méthodes que nous avons mentionnées dans des Notes précédentes. L'acide chlorogénique se rencontre dans toutes les espèces examinées par nous et qui appartiennent à 95 genres de cette famille : *Achillæa, Actinomeris, Amblyocarpus, Anaphalis, Andryala, Anthemis, Anvillæa, Apoplappus, Arctium, Artemisia, Aster, Bacharis, Bellis, Buphtalmum, Callistephus, Cardopatium, Carpesium, Carduus, Carthamus, Centaurea, Chænactis, Chondrilla, Chrysanthemum, Chrysopsis, Chicorium, Cirsium, Cnicus, Crepis, Cyathoclina, Dichocephala, Disparago, Echinacea, Echinops, Elytropappus, Erechtites, Erigeron, Eumorphia, Euax, Fillago, Gazania, Gnaphalium, Grindelia, Helenium, Helianthus, Helichrysum, Helipterum, Heterothecea, Hieracium, Hymenopappus, Hyoseris, Hypocheris, Hysterionica, Inula, Jurinea, Lactuca, Lasiospermum, Launea, Leontodon, Linosyris, Madia, Matricaria, Melampodium, Microseris, Nidorella, Odontospermum, Œdera, Olearia, Onopordon, Osteospermum, Parthenium, Phænocoma, Phagnalon, Picridium, Picris, Pluchea, Prenanthes, Printzia, Pulicaria, Psiadia, Rhagadiolus, Rodigia, Rudbeckia, Saussurea, Scorzonera, Senecio, Siegesbeckia, Silphium, Solidago, Sonchus, Tanacetum, Tolpis, Tragopogon, Urospermum, Vittadinia, Xanthium.*

Nous avons examiné la répartition de l'acide chlorogénique dans les plantes suivantes :

Cynara Scolymus L. *Tige.* — L'acide chlorogénique se localise dans l'épiderme, le tissu collenchymateux, dans les rayons médullaires et à la périphérie de la moelle. On en rencontre très peu dans le parenchyme cortical. Le liber n'en renferme pas. Les poils tecteurs renferment de l'acide chlorogénique.

Feuille. — Dans le limbe, l'acide chlorogénique se localise : dans les cellules de l'épiderme supérieur, dans les cellules de l'épiderme inférieur, et en grande quantité, dans les cellules au voisinage des faisceaux. On obtient une réaction faible dans le tissu palissadique et le tissu lacuneux.

Racine. — L'acide chlorogénique existe : dans les deux premières rangées des cellules phellodermiques, qui prennent une coloration verte intense sous l'influence des vapeurs d'ammoniaque; dans les rayons médullaires et dans les cellules du parenchyme au voisinage des vaisseaux. Il n'y a pas d'acide chlorogénique dans les canaux sécréteurs ni dans les cellules de bordure de ces canaux.

Capitule. — Les bractées, le réceptacle, les fleurons en boutons contiennent de l'acide chlorogénique.

Pétiole. — L'acide chlorogénique est localisé dans l'épiderme et le parenchyme cortical, surtout dans les cellules situées aux environs des faisceaux, dans la moelle et les rayons médullaires.

Graines. — L'acide chlorogénique existe dans les cotylédons et dans l'embryon.

Echinops græcus Mill., *Carduus pyenocephalus* L., *Xanthium spinosum* L., *Onopordon sibthorpianum* B. et H. — Ces plantes renferment de l'acide chlorogénique, qui est réparti dans les organes de la même façon que dans les organes de *Cynara Scolymus.*

Helianthus annuus L. *Feuille.* — La réaction est très nette dans les deux épidermes et dans le parenchyme de la nervure médiane; elle l'est moins dans le parenchyme du limbe.

Tige. — La tige est riche en acide chlorogénique situé dans l'épiderme, le parenchyme cortical, les rayons médullaires et les couches les plus externes de la moelle.

Capitule. — Les bractées, le réceptacle, les fleurons centraux, les paillettes renferment de l'acide chlorogénique.

Graine. — On trouve l'acide chlorogénique dans les cotylédons et dans l'embryon.

ÉCONOMIE RURALE. — *Deuxième essai de fabrication de sauce de Soja en France.* Note de M. **Kuo-Chun Chin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En 1946, nous avons fait un premier essai de fabrication de sauce de Soja à Paris et à Toulon (Var). Les résultats ont été publiés au début de 1947 (1).

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 493-494.

Nous avons ensuite poursuivi nos recherches à Toulon, grâce au soleil du midi qui est, croyons-nous, un bon remède aux nombreux insuccès de Paris. Nous avons effectué le premier stade de la fabrication de la sauce : ensemencement du Soja, qui se couvre de moisissures d'un bleu verdâtre, dans une cave de Paris. La seconde phase, celle de la fermentation, fut effectuée à Toulon.

Notre deuxième essai de fabrication de sauce de Soja a été fait entièrement à Toulon. Le premier stade de l'ensemencement du Soja eut lieu, au début de novembre 1946, dans un grenier; Toulon étant sinistrée, il nous fut impossible de trouver une cave à notre convenance. Le deuxième stade (fermentation du Soja) s'effectua en plein soleil. Comme on était en automne, la fermentation débuta mal.

Au mois de juin 1947, nous avons fait un autre essai sur de petites quantités. Comme le climat de Toulon est trop sec, la moisissure se développa mal, le milieu humide et obscur favorisant le développement de la moisissure au mois de juillet. Nous avons goûté notre sauce de septembre 1946; elle était devenue sucrée. Ceci s'explique par l'existence des ferments d'*Aspergillus* et aussi des bactéries saccharifiant l'amidon par digestion en milieu au-dessus de 30°.

La qualité de l'essai de novembre 1946 s'améliore. Nous avons acquis la certitude que nous pouvions réussir la fabrication de la sauce de Soja à Toulon. Nous essayons donc d'en obtenir une quantité plus importante de même qualité.

Nos essais ont continué dans une propriété des environs de Toulon, à Darboussèdes, à la fin du mois d'août 1947. Une partie de nos essais furent envahis par des mouches et dégagea une odeur désagréable. Nous avons examiné nos essais en août 1948, une année plus tard. La mauvaise odeur avait disparu et la qualité de la sauce s'était améliorée avec le temps. Les moisissures observées appartiennent aux genres *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, ..., dans le premier stade d'ensemencement; je me propose d'en faire l'étude botanique et de les sélectionner.

En conclusion : 1° La température moyenne de Toulon est favorable aux essais.

2° La sécheresse de l'été limite un peu le développement des moisissures.

3° Une cave n'est pas indispensable, mais favorise le développement des moisissures.

4° Le mois de mai est le plus favorable à Toulon, mais en toutes saisons on peut produire de la sauce.

5° La qualité de la sauce s'améliore avec le temps et en Chine les préparations recherchées sont comme le vin en France, d'un certain âge.

PHYSIOLOGIE RADIOLOGIQUE. — *Nouvelle méthode de diagnostic différentiel des tumeurs du médiastin par la ciné-densigraphie.* Note (*) de M. **Maurice Marchal**, présentée par M. René Leriche.

J'ai déjà esquissé cette méthode récemment ([1]), mais je n'avais pas encore de vérification opératoire comme celle que je présente ici.

Principe de la méthode. — La distinction majeure entre tumeur pulsatile extra-cardiaque et anévrisme aortique repose sur le fait que les anévrismes ou ectasies présentent *toujours la même* pulsation *propre* caractéristique, quels que soient : 1° la position du malade; 2° le temps inspiratoire; 3° la topographie de la cellule photoélectrique, alors que la pulsation *transmise* des tumeurs *change* selon la position et la respiration.

Notre nomenclature. — La recherche des accidents du Ciné-Densigramme est capitale. π = systole auriculaire, ρ_1 = début de la contraction isométrique du ventricule et fermeture de la mitrale. ρ_2 = début de la contraction isotonique et ouverture des sigmoïdes. σ = fermeture des sigmoïdes. τ = ouverture de la Tricuspide et de la Mitrale ([2]).

Technique générale. — On enregistre un ciné-densigramme ([3]) sur plusieurs points de repère de la tumeur : 1° en position verticale; 2° *a* en *decubitus* dorsal, 2*b* ventral ou 2*c* latéral, et 3° en position de Trendlenburg, en plaçant la cellule photo-électrique grâce aux rayons X sur les mêmes repères de la tumeur pulsatile, et l'on enregistre simultanément l'électrocardiogramme et les densigrammes artériels, ventriculaires et auriculaires en inspiration et en expiration.

Résultats. — 1° *Cas d'un anévrisme de l'aorte* (observ. 1). — Dans tous les cas, 1, 2*a*, *b*, *c* et 3, le densigramme garde un aspect artériel typique, c'est-à-dire expansion brusque débutant au même instant que ρ_2, donc, en moyenne, 6/100 à 10/100 de seconde après R de l'électrocardiogramme, puis montée rapide jusque σ et descente lente jusqu'à l'accident ρ_2 suivant.

2° *Cas d'une tumeur pulsatile du médiastin.* — Par le changement de position, le rapport de la tumeur et de l'organe dynamogène, aorte, ventricule ou oreillette, se modifie, et les densigrammes en 1, 2*a*, *b*, *c*, et 3 sont extrêmement *différents les uns des autres.* Par exemple, on recueille un densigramme caractéristique du ventricule en 1, puis de l'aorte ou de l'oreillette en 2*a*, *b*, *c* et 3. Souvent, le diagnostic est déjà fait en position verticale, simplement par la variation *du lieu d'application* de la cellule (observ. 2).

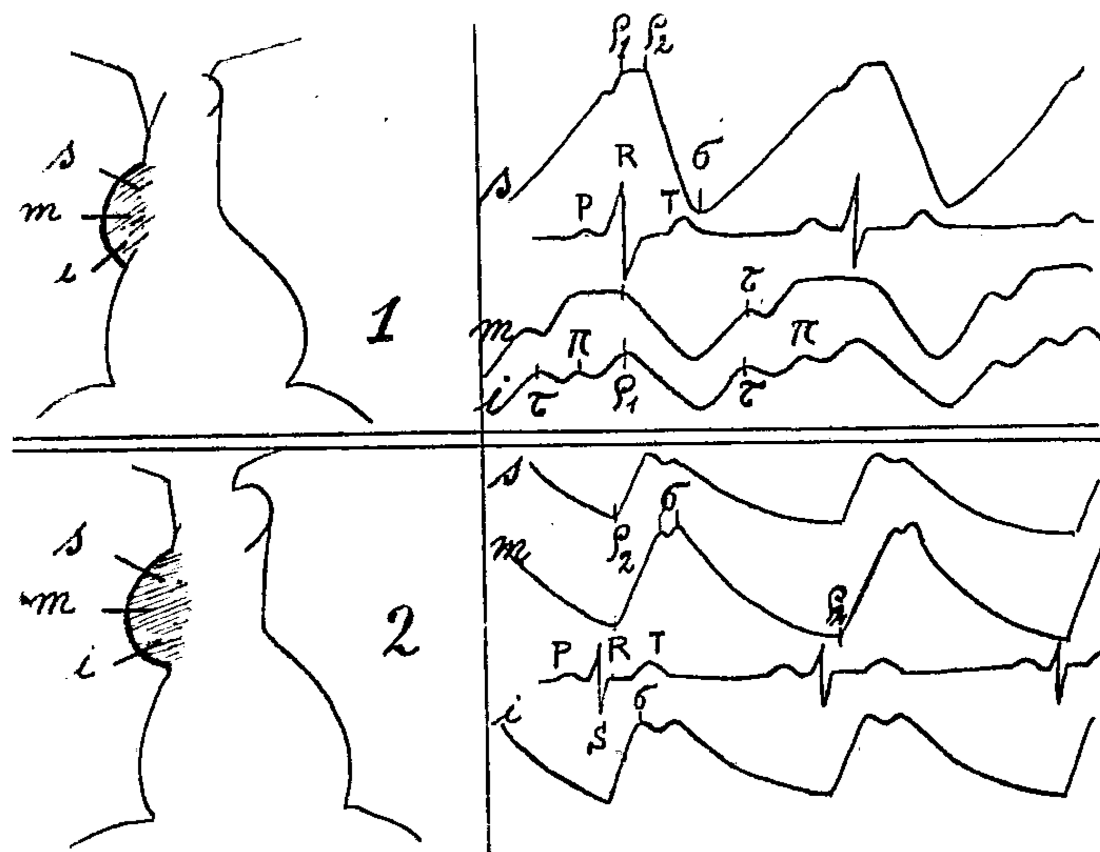
(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) *Congrès international de Radiologie de Genève*, juillet 1948.

([2]) *Société française de Cardiologie*, mai 1948.

([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1314, et 225, 1947, p. 394; *Archives Cardiologie*, 1946, 1947, 1948; *Congrès international de Chicago*, mai 1948.

3° *Différenciation d'une ectasie de l'artère pulmonaire et d'une ectasie de l'aorte* A (observ. 3). — *Principe* : L'organe dynamogène de l'expansion aortique est le ventricule gauche VG. L'expansion de l'artère pulmonaire est



Schémas des densigrammes.

1. Mme R.... Masse pulsatile non dissociable de l'aorte. *Vérification opératoire ;* Drs. Maurer, Mathey, Le Brigand : *Kyste du médiastin.* Verticale : en S (rég. sup.) : pouls ventriculaire pur. En M (rég. moy.) : pouls mixte ventriculo-auriculaire. En I, (rég. inf.) : pouls auriculaire pur. Horizontale : *changement* avec grande onde τ.

2. M. X. *Anévrisme de l'aorte,* Verticale : en M, pouls aortique avec plateau. En S et I, pouls aortique avec plateau, mais moins ample. Horizontale : (non figuré) *même forme,* mais aplati.

produite par le ventricule droit VD; on enregistre les densigrammes de VG et VD, et l'on mesure R — ρ_2 dans chaque cas. Normalement, il y a précession du ventricule droit de 2/100 à 4/100 de seconde sur le ventricule gauche. Si l'ectasie bat *avant* le début de la contraction iso-tonique du ventricule gauche ρ_2, il ne peut s'agir que de *l'artère pulmonaire* ce qui fait le diagnostic.

4° Pour les cas rares d'*ectasie des ventricules ou des oreillettes* le même raisonnement et la même technique sont applicables.

5° Cas des *tumeurs non pulsatiles :* C'est-à-dire des tumeurs qui, à la radioscopie, paraissent entièrement immobiles.

La ciné-densigraphie, qui nous a permis d'enregistrer pour la première fois le pouls du poumon ([3]), décèle aussi, très souvent, une pulsatilité nette qui est *invisible à l'écran radioscopique.*

Cette pulsatilité peut d'ailleurs être renforcée en plaçant le malade en position 2*b*, 2*c*, ou 3.

6° Cas d'*interprétation difficile :* Dans ces cas, on peut recourir à l'épreuve

([3]) *Voir* M. Marchal, *Comptes rendu,* 226, 1948, p. 1322.

de Valsalva et à l'épreuve de Burger qui, influençant l'amplitude des pulsations cardiaques et le rapport avec les tumeurs extra-cardiaques, permettent ainsi la différenciation.

ALGOLOGIE. — *Une Diatomée marine à fucosane.* Note (*) de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Dans un Mémoire paru en 1942 ([1]) j'ai appelé l'attention sur le fait que, chez les Diatomées-Pennatées, les colorants vitaux vacuolaires mettent en évidence des corps paranucléaires comparables, du moins dans une certaine mesure, aux corps physoïdes des Chryso- et Xanthophycées, et aux physodes classiques des Phéophycées. Et naturellement, à ce propos, j'ai souligné que l'existence de tels corps constituait un nouvel et important argument en faveur de l'idée que les Diatomées, les Chryso- et Xanthophycées, et les Phéophycées, sont phylogénétiquement apparentées et constituent une unité naturelle de la systématique générale des Algues.

Toutefois, les corps paranucléaires décrits dans ce mémoire ne possédaient pas exactement les caractères des corps physoïdes typiques des Chryso- et Xanthophycées, ni ceux des physodes des Phéophycées. Leur allure aberrante pouvait donc inciter à mettre en doute, et leur véritable nature, et les conclusions systématiques tirées de leur existence. Ce doute, la présente Note est destinée à le dissiper, en faisant connaître que certaines Diatomées-Pennatées possèdent des physodes parfaitement typiques, identiques par leur aspect, leur réfringence spéciale et leurs réactions à ceux des Phéophycées, colorables comme ceux-ci, avec intensité et orthochromatiquement, par les colorants vitaux vacuolaires (bleu de crésyle et rouge neutre), et donnant pareillement, avec la vanilline chlorhydrique, la réaction rouge de la fucosane, c'est-à-dire des tannoïdes phlorogluciques.

De tels « physodes à fucosane » sont faciles à observer chez l'espèce marine *Licmophora Lyngbiei* Küt., que j'ai pu étudier en août dernier à Roscoff (*fig.* 1 à 5). Chez cette Diatomée, sauf parfois quelques-uns, ils ne sont pas paranucléaires. Ils occupent une position pariétale, comme le font d'ailleurs fréquemment les corps physoïdes typiques des Chryso- et Xanthomonadines (*Pheothamnion*, *Tribonema*, etc.), en particulier lorsque ces corps deviennent des globules mucifères sous-cuticulaires (zoospores, et autres cellules nageuses). Ils sont localisés principalement contre les faces « valvaires » du corps cellulaire, faces qu'ils peuvent garnir entièrement quand ils deviennent très nombreux. Leur abondance est très variable d'une cellule à l'autre, mais

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) Travaux algologiques publiés par la *Revue algologique*, série I, 1942, p. 1 à 16.

ils ne semblent jamais faire défaut. Leurs colorations vitales s'accompagnent souvent d'une précipitation de leur contenu, soit en anneau, contre leur paroi, soit en petits globules, dans leur sein. Une semblable précipitation est égale-

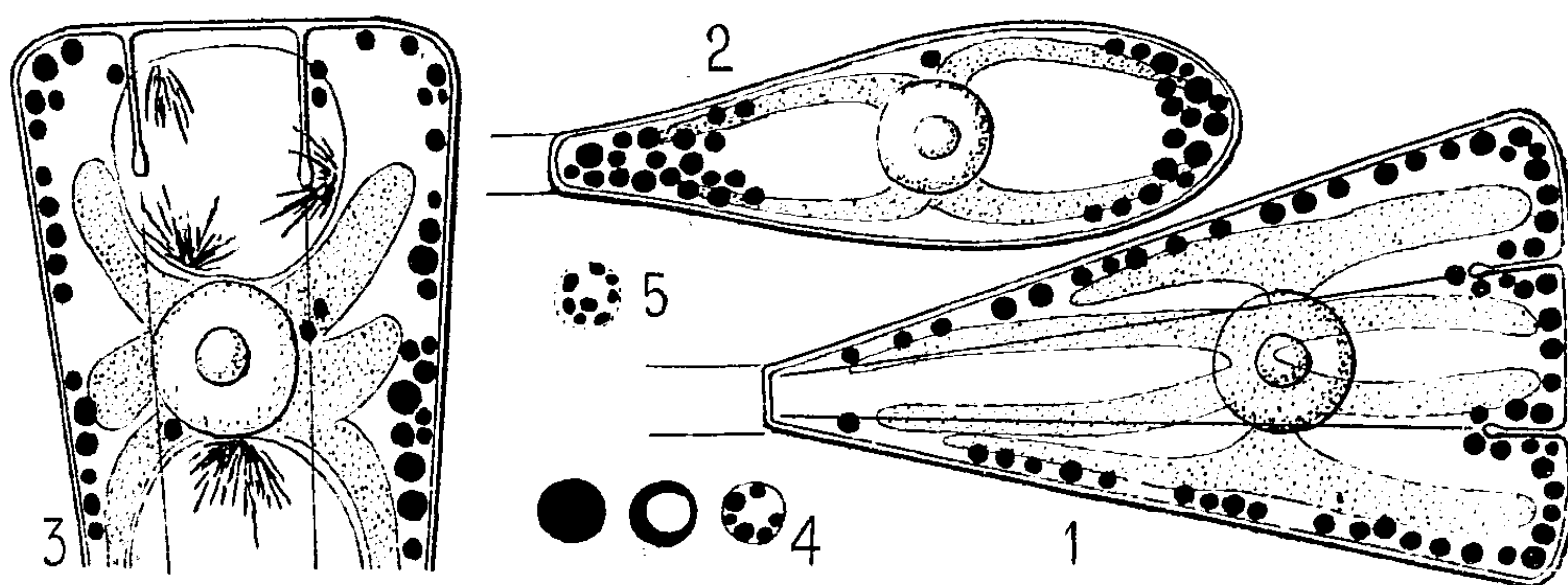


Fig. 1 à 5. — *Les physodes à fucosane de* Licmophora Lyngbiei *Küt.* — En 1, cellule vue par une de ses faces suturales, après coloration vitale au bleu de crésyle; physodes en noir. En 2, une autre cellule, vue par une de ses faces valvaires après coloration vitale au bleu de crésyle; physode en noir. En 3, formation de bouquets d'aiguilles flexueuses pourpres dans les vacuoles, au cours d'une coloration vitale au bleu de crésyle. En 4, physodes colorés vitalement par ce même réactif. En 5, physode coloré en rouge par la vanilline chlorhydrique, réactif de la fucosane, c'est-à-dire des tannoïdes phloroglluciques.

ment provoquée par la vanilline chlorhydrique, avec belle coloration rouge du précipité, qui est donc formé de tannoïdes phloroglluciques. L'alcool le désorganise; le bleu BZL, réactif des lipides, ne les colore pas.

Chose remarquable, cette même Diatomée marine présente un second caractère cytologique de Phéophycée : très fréquemment, le bleu de crésyle fait apparaître dans ses vacuoles des bouquets d'aiguilles flexueuses, de couleur pourpre. On sait que la formation de telles aiguilles s'observe couramment chez les Algues brunes, où l'on a voulu l'expliquer par la présence d'iodures dans le suc vacuolaire. Par contre, je ne l'ai constatée chez aucune autre des Diatomées qu'il m'a été jusqu'ici donné d'étudier.

Ainsi, *Licmophora Lyngbiei* Küt. pourrait être qualifiée de « Diatomée à cytologie et cytochimie de Phéophycée ». Et ce caractère extrêmement remarquable me semble d'un grand poids en faveur de l'idée d'une parenté phylogénétique entre Diatomées et Phéophycées, aussi bien qu'entre Diatomées et Chryso- ou Xanthophycées, donc en faveur de l'idée que Phéo-, Chryso-, Xanthophycées et Diatomées doivent bien être groupées en un seul grand embranchement, dans la systématique générale du « Règne des Algues ».

ALGOLOGIE. — *Un nouveau cas de convergence morphologique entre Chrysophycées et Chlorophycées :* Heimiochrysis actinotrichia (*nov. gen. et sp.*). Note (*) de M. **Pierre Bourrelly**, présentée par M. Roger Heim.

Les exemples de convergence de forme entre Chlorophycées et Chrysophycées sont assez nombreux et bien connus : ils permettent la création de grandes coupures systématiques parallèles dans ces deux groupes d'Algues, comme d'ailleurs dans les Xanthophycées et les Dinophycées.

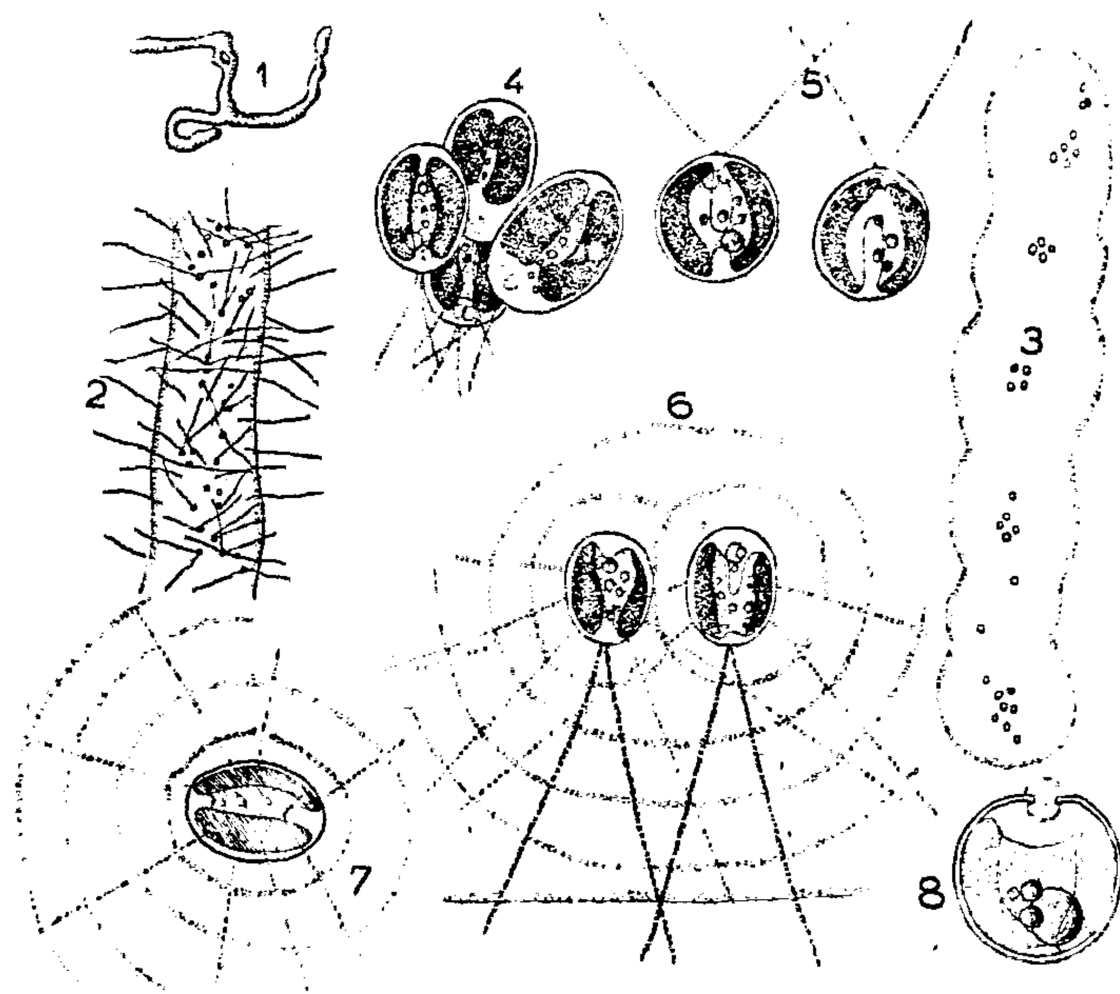


Fig. 1 à 8 : *Heimiochrysis actinotrichia* nov. gen. et nov. sp.
1, thalle de grande taille, × 3; 2, thalle âgé coloré au bleu de méthylène, × 130; 3, jeune thalle, × 130; 4-5, groupe de cellules non colorées, × 1260; remarquer l'incision plus ou moins profonde du chromatophore; 4, cellules jeunes; 5, cellules plus âgées; 6, cellules du bord du thalle colorées au bleu de méthylène en coupe optique, × 1260; 7, cellule voisine vue par le dessus, × 1260; 8, kyste siliceux, × 1260.

Tout particulièrement, les Chrysocapsales présentent une morphologie très voisine de celle des Tétrasporales. Nous avons observé dans une mare à sphaignes de la forêt de Sénart, en avril 1948, dans une eau acide à pH 5, température 16°,5, un nouveau genre de Chrysocapsales à pseudo-flagelles gélatineux dont la morphologie rappelle singulièrement celle des *Tetraspora* (Chlorophycées). Cet organisme, que nous appellerons *Heimiochrysis actinotrichia* (¹), se présente sous la forme de filaments muqueux, atteignant 1^{cm} de

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(¹) Nous sommes heureux de dédier ce nouveau genre au professeur Roger Heim, directeur du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum.

longueur, rarement branchus, très légèrement colorés en jaunâtre et flottant librement. L'examen microscopique montre un tube plein, cylindrique, assez régulier de 100-150$^{\mu}$ de largeur. La partie axiale de ce cylindre est occupée par des cellules ellipsoïdales ou arrondies de 10-12$^{\mu}$ de diamètre, groupées en tétrades souvent indistinctes. Chaque cellule montre un chromatophore jaune brun, pariétal, souvent avec une large incision médiane et deux vacuoles contractiles apicales (parfois même une ou deux vacuoles sont logées dans la partie médiane), et des granules de leucosine. De plus, deux pseudo-flagelles partent du pôle, rejoignent la périphérie, sortent de la gaine muqueuse, et donnent un aspect hérissé au thalle gélatineux. L'observation vitale est complétée par une coloration au bleu de méthylène. Les masses muqueuses se colorent en rose vif et montrent dans certains cas la structure singulière de la gelée. Chaque cellule apparaît alors entourée d'auréoles concentriques, plus nettement accusées vers la périphérie. Les deux pseudo-flagelles prennent fortement le colorant. De plus, toute une série de filaments muqueux rayonnants partent de la cellule, traversent les lamelles concentriques et atteignent la périphérie. Ces filaments muqueux, invisibles sur le vivant, sont plus minces et se colorent moins vivement que les pseudo-flagelles. En outre, ils sont localisés sur la face de la cellule tournée vers la périphérie.

Heimiochrysis actinotrichia présente donc un système de pseudo-flagelles tout à fait comparable à celui des *Tetraspora,* mais les filaments muqueux rayonnants lui confèrent une originalité qui sépare ce nouveau genre d'Algue de tous les autres.

Nous avons observé la formation de kystes endogènes siliceux, sphériques (15-16$^{\mu}$ de diamètre), à apex un peu aplati, à pore présentant un épaississement annulaire interne et fermés par un bouchon plasmatique comme chez toutes les Chrysophycées. L'évolution de ces kystes, leur germination, la formation de zoospores n'ont malheureusement pas pu être observées.

Les filaments jeunes, en forme de cordon fermé aux deux extrémités, montrent des figures de division très nettes. Ces jeunes filaments à gaine très hyaline offrent une gelée à structure homogène (se colorant à peine en bleu violacé par le bleu de méthylène) et leurs cellules n'ont ni pseudo-flagelles, ni filaments radiaux. Du reste, lors de la formation des kystes, la structure de la gelée disparaît complètement; seuls les fragments de pseudo-flagelles hérissant la surface du thalle persistent un certain temps.

Ce nouveau genre se place au voisinage des Nægeliellacées, Chrysocapsales à poils muqueux, mais son organisation particulière permet d'en faire le type de la nouvelle famille des *Heimiochrysidacées.*

Heimiochrysis permet de vérifier une fois de plus que les grands groupes algaux sont construits suivant quelques types simples d'organisation servant de bases de départ à des variations infinies mais cohérentes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le déterminisme d'un caractère sexuel somatique précoce chez l'embryon de Canard.* Note de M. **Étienne Wolff** et M[me] **Émilienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

La syrinx, organe de la phonation des Oiseaux, présente, chez certaines espèces, une différence sexuelle très marquée. C'est le cas du Canard domestique, *Anas boschas.* Les anneaux cartilagineux de la trachée, à la bifurcation des bronches se renflent, *chez le mâle*, en un organe volumineux, très asymétrique, particulièrement développé du côté gauche. Chez la femelle, la syrinx est symétrique et peu renflée.

Ce caractère est-il contrôlé par un mécanisme hormonal? Dans un travail récent, L. B. Lewis et L. V. Domm (¹) ont remarqué que, sous l'influence d'injections d'hexestrol, entre le 4ᵉ et le 12ᵉ jour de l'incubation, tous les embryons ont, au 25ᵉ jour, une syrinx de type femelle. Nous avons repris ce problème, en essayant de faire la lumière sur le rôle des hormones dans le développement normal de cet organe.

1. Nous observons que la différenciation sexuelle de ce caractère est précoce. Elle est nettement établie le douzième jour de l'incubation dans la race *Kaki Campbell*, sur laquelle nous expérimentons. On remarquera que c'est *la première différence sexuelle qui apparaisse chez le Canard après la différenciation des gonades.*

2. Nous vérifions les résultats de Lewis et Domm, en injectant, au cinquième jour de l'incubation, $0^{mg},15$ de benzoate d'œstradiol par embryon. Sur onze embryons qui se développent au delà du dix-huitième jour, quatre sont de sexe génétique mâle, sept de sexe femelle. *Tous* ont une syrinx de type *femelle pur.*

3. L'hormone mâle a-t-elle une action inverse? Transforme-t-elle la syrinx des embryons femelles en syrinx mâle? Nous injectons un milligramme de propionate de testostérone à 28 embryons, au quatrième jour de l'incubation [cette dose est subtoxique et à la limite de la tolérance des embryons; elle s'était montrée suffisante pour masculiniser le tubercule génital des femelles dans nos expériences antérieures (²)]. Sur dix-huit embryons qui évoluèrent au delà du treizième jour, cinq sont de sexe génétique mâle et présentent une syrinx mâle; treize sont femelles, leur syrinx, d'aspect femelle, présente toutefois une légère protubérance ventrale, qui n'existe pas chez les femelles normales. L'hormone mâle utilisée n'a donc qu'une faible action, dans les conditions de l'expérience, sur ce caractère sexuel somatique.

Comme il n'est pas exclu que d'autres substances du groupe des andro-

(¹) *Physiological Zool.*, 21, 1948, p. 65-69.
(²) *Arch. d'Anat. micr. et Morph. exp.*, 37, 1948, p. 155-167.

gènes ou des doses plus fortes de propionate de testostérone, si elles étaient acceptées, aient une action plus intense, nous avons cherché à savoir comment évolue la syrinx en l'absence des hormones normalement sécrétées par les gonades de l'embryon.

4. A l'aide de la méthode d'irradiations localisées de P. Ancel et E. Wolff ([3]) adaptée à cette recherche, nous irradions les gonades embryonnaires le quatrième ou le cinquième jour de l'incubation. Les résultats, dépouillés entre le douzième et le dix-neuvième jour, se répartissent ainsi :

a. Castration totale : *Syrinx du type mâle.*

b. Castration subtotale avec petits résidus testiculaires : *Syrinx du type mâle.*

c. Castration unilatérale chez le mâle ou atrophie partielle des deux testicules : *Syrinx du type mâle.*

d. Castration partielle avec résidus ovariens plus ou moins importants : *Syrinx intermédiaire entre le type mâle et le type femelle.*

e. Castration unilatérale de l'embryon femelle, ou atrophie partielle des deux gonades : *Syrinx femelle.*

Les résultats des catégories *a* et *d* permettent de tirer les conclusions suivantes :

La syrinx, en l'absence des hormones des gonades de l'embryon, se différencie suivant le *type mâle,* qui représente donc le *type neutre.* La présence de petits reliquats ovariens suffit à inhiber en partie cette différenciation; on obtient une série d'intermédiaires entre le type mâle et le type femelle (syrinx asymétrique avec renflement gauche plus ou moins développé, syrinx symétrique avec protubérance ventrale).

Conclusions. — La différenciation mâle de la *syrinx* est inhibée par des injections d'hormone femelle cristallisée à l'embryon. La forme femelle n'est que faiblement modifiée par l'injection d'une hormone mâle (1^{mg} de propionate de testostérone). Les expériences de castration partielle ou totale de l'embryon, effectuées avant le stade de la différenciation des gonades, montrent que *la forme mâle coïncide avec la forme neutre ; la sécrétion des gonades femelles est donc seule responsable de la première différenciation sexuelle de la syrinx. Ces résultats démontrent en outre que les sécrétions des gonades embryonnaires ont les mêmes effets sur ce nouveau caractère que les injections d'hormones sexuelles cristallisées.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la validité du calcul des teneurs en phospholipides des tissus.* Note (*) de MM. **Théophile Cahn, Jacques Houget** et **René Agid**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait le grand intérêt qui s'attache à la connaissance des teneurs en phospholipides des tissus. Comme on n'isole pas quantitativement ces composés

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 798; *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1071.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

à l'état de pureté, on doit se contenter de doser ou le phosphore total de l'extrait lipidique ou certains des constituants pour lesquels on possède des méthodes d'analyse assez spécifiques : acide glycéro-phosphorique [1], choline [2], éthanolamine et sérine [3]. A partir de ces données, on calcule les teneurs en lécithine, céphaline, sphingomyéline. Mais cette manière de faire suppose que les constituants dosés appartiennent intégralement à des phospholipides et, à notre connaissance, cette démonstration n'a jamais été faite. Nous nous sommes donc proposé de vérifier jusqu'à quel point cette supposition est correcte. Nous avons préparé des solutions benzéniques contenant les lipides totaux de certains tissus (foie, muscle, sang). Nous avons précipité les phospholipides par l'acétone seule; et sur ce précipité nous avons déterminé le phosphore total, l'acide glycéro-phosphorique, la choline, la somme éthanolamine + sérine et les acides gras. Nous avons effectué les mêmes déterminations sur le liquide obtenu après séparation du précipité acétonique pour savoir si tous les constituants des phospholipides n'échappaient pas partiellement à la précipitation par l'acétone. Comme il en est ainsi, nous avons réalisé une deuxième précipitation par l'acétone en présence de chlorure de magnésium.

Nous ne donnerons ici que quelques-uns de nos résultats concernant le foie du Chien et du Porc. Dans le premier précipité, les constituants caractéristiques des phospholipides ne sont pas dans les rapports que l'on doit attendre. En exprimant les résultats analytiques en molécules, nous trouvons en effet par atome de phosphore : 0,74 à 0,85 d'acide glycéro-phosphorique, 0,35 à 0,37 de choline et 0,38 à 0,53 d'éthanolamine; le total des bases azotées, approchant de très près la valeur de l'acide glycéro-phosphorique, montre que le précipité renferme de minimes quantités de sphingomyéline et que les phospholipides hépatiques sont surtout formés de céphaline et à un moindre degré de lécithine. Maintenant si nous examinons les acides gras (1,43 à 1,80 molécule) nous nous apercevons qu'on n'a pas affaire à des mélanges de céphaline et de lécithine. En effet quand nous ne trouvons par exemple que 1,43 molécule d'acides gras avec 0,85 molécule d'acide glycéro-phosphorique, 0,53 molécule d'éthanolamine et 0,37 molécule de choline, il nous est impossible avec si peu d'acides gras d'intégrer tous les constituants dans un mélange de céphaline et de lécithine; une notable fraction de l'acide glycéro-phosphorique ainsi que des bases azotées ne peut donc appartenir dans ce cas à des phospholipides. Comme il n'y a pratiquement pas de sphingomyéline, nos analyses montrent de plus que 15 à 25 % du phosphore précipité n'appartient pas à des phospholipides et pas davantage à des composés renfermant de l'acide glycéro-phosphorique.

(1) Th. Cahn, J. Houget et R. Agid, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 15, 1948, p. 666.
(2) G. Ducet et E. Kahane, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 28, 1946, p. 794.
(3) C. Artom, *J. of. Biol. Chem.*, 157, 1945, p. 585.

Dans la solution où s'est produite la précipitation acétonique il reste de l'acide glycéro-phosphorique (7 à 10 % de la quantité totale contenue dans le tissu), de la choline (5 à 16 %) et de l'éthanolamine (18 à 24 %). Si nous faisons sur cette solution une seconde précipitation par l'acétone en présence de chlorure de magnésium, nous voyons que le précipité obtenu renferme tout l'acide glycéro-phosphorique, pratiquement toute la choline, une grande partie de l'éthanolamine, ainsi que des acides gras. En exprimant les résultats comme précédemment, nous trouvons 0,70 à 0,80 d'acide glycéro-phosphorique, 0,40 à 0,72 de choline, 0,87 à 1,0 d'éthanolamine et 1,15 à 1,80 d'acides gras. D'après ces chiffres il y a trop de bases azotées pour l'acide glycéro-phosphorique et même pour le phosphore total et trop peu d'acides gras pour former des phospholipides. Il faut donc qu'ici encore une fraction importante des constituants essentiels des phospholipides soit engagée dans des combinaisons différentes.

L'ensemble de nos résultats montre qu'on n'est pas en droit de calculer la teneur d'un tissu en phospholipides d'après la détermination ou du phosphore total ou d'un ou deux de leurs constituants caractéristiques, puisqu'une fraction de ceux-ci, bien que soluble dans les solvants des graisses, fait partie d'autres composés.

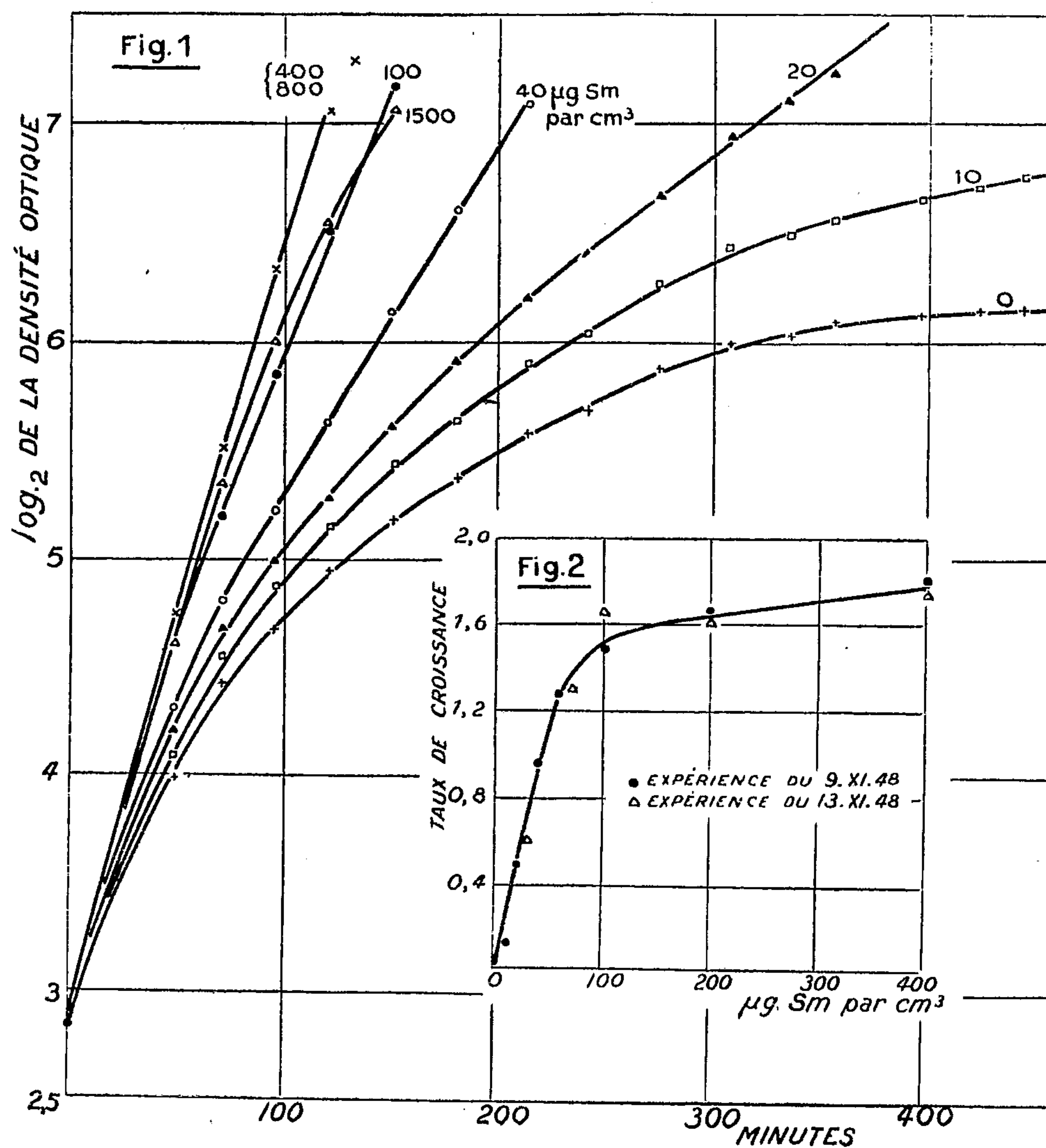
BACTÉRIOLOGIE. — *Relation entre le taux de croissance et la concentration en streptomycine chez un mutant exigeant de* Bacillus subtilis. Note (*) de M. **Pierre Schaeffer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Après exposition à la streptomycine (Sm) de bactéries sensibles à cet antibiotique, on peut isoler des mutants résistants et des mutants *exigeants* ([1]). Le fait qu'un antibiotique puisse, chez ces derniers, faire fonction de facteur de croissance a déjà retenu l'attention et mérite un examen approfondi. Nous avons étudié chez *B. subtilis* quelques aspects du problème. Une colonie, obtenue en gélose profonde à $600^{\mu g}$ de Sm/cm^3 à partir du variant S de la souche *Caron* de la collection de l'Institut Pasteur, s'est révélée exigeante, tout en demeurant aérobie facultative et en conservant les caractères morphologiques de la souche originale. L'exigence est absolue et stable : il n'y a aucun développement en absence de Sm et nous n'avons jamais observé de réversion. Le milieu de culture suivant a été utilisé : PO_4KH_2, 20^g; N/1NaOH, 70^{cm^3}; $ClNH_4$, 2^g; $SO_4Mg.7H_2O$, $0^g,2$; Cl_2Ca, $0^g,01$; $SO_4Fe.7H_2O$, $0^g,0005$; eau bidistillée pour 1000^{cm^3}; pH terminal = 6,8. Après autoclavage, ce milieu

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) Bibliographie et détails expérimentaux seront donnés dans un Mémoire à l'impression aux *Annales de l'Institut Pasteur*.

était additionné de solutions de glucose et de peptone, pour des concentrations respectives de 2 et 1 pour 1000, et de Sm pour une concentration de 200$^{\mu g}$ par centimètre cube. Les cultures étaient agitées à l'étuve à 34° et les bactéries utilisées pour les expériences étaient prélevées pendant la phase exponentielle de croissance. La culture était amenée à la densité optique (d. o.) voulue par dilution avec un milieu neuf sans Sm, ce qui amenait la concentration en Sm à une valeur négligeable. On répartissait alors la culture diluée dans des tubes



de verre à section carrée et à faces parallèles, on lui ajoutait la Sm en quantités variables, enfin les tubes convenablement inclinés étaient agités à 34°. La croissance des cultures était suivie par des mesures directes de densité optique. Les résultats d'une expérience de croissance sont donnés figure 1. La figure 2

montre les variations du taux de croissance en fonction de la concentration en Sm, observées dans deux expériences différentes.

On voit que les bactéries exigeantes, prélevées en phase exponentielle de croissance et privées de Sm, continuent à croître, mais à vitesse constamment décroissante. Représentée en coordonnées normales, cette croissance résiduelle est en effet linéaire pendant près de 5 heures. Puis, la densité optique se stabilise à une valeur qui est 10 fois celle de la densité optique initiale. On voit aussi que pour des concentrations en Sm variant de 10 à 800$^{\mu g}$ par centimètre cube, il y a une relation manifeste entre concentration en Sm et valeur du taux de croissance, dont le maximum correspond à 1,8 division par heure. Pour des concentrations plus élevées, le taux de croissance, rapide au début, diminue après environ 100 minutes, jusqu'à atteindre, par exemple, après 2 à 3 heures, les valeurs de 0,85, 0,8 et 0,6 pour des concentrations respectives de Sm de 1,5, 2 et 4mg/cm^3.

Des *B. subtilis* exigeants et privés de Sm montrent donc une croissance résiduelle correspondant à plus de trois divisions. Des synthèses importantes sont ainsi possibles en l'absence de Sm exogène. Mais pendant que le taux de croissance diminue constamment, la vitesse absolue des synthèses reste constante. Il y a donc, en l'absence de Sm, défaut de synthèse d'un système contrôlant la vitesse des processus anaboliques. En présence de Sm au contraire, ce système est synthétisé, plus ou moins vite suivant la concentration en antibiotique-facteur de croissance.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les profondes perturbations morphologiques et cytologiques que subit le bacille du charbon sous l'effet de la pénicilline.* Note de M. **Raymond Minck** et Mme **Andrée Minck** (¹), transmise par M. André Boivin.

Durant ces dernières années, de nombreux auteurs ont relevé les perturbations, souvent spectaculaires, que la pénicilline est susceptible d'imposer à la morphologie *externe* de maintes bactéries : obtention de formes géantes à partir des cocci, obtention de très longs filaments et de *corps larges* arrondis ou irréguliers à partir des bacilles, etc. Depuis deux ans, on s'est attaché, au laboratoire du Professeur Boivin, à rechercher ce que devient la morphologie *interne* des germes sous l'action de la pénicilline et cela grâce à la méthode cytologique de détection du noyau à la ribonucléase et au Giemsa. On a noté des processus d'active multiplication nucléaire non suivie de divisions cytoplasmiques corrélatives (staphylocoque, colibacille) et aussi la formation de masses nucléaires géantes et atypiques dans les *corps larges* (colibacille) (²).

(¹) Avec l'assistance technique de Mme Leplingard.

(²) *Voir*, en particulier, *Archiv. Sc. Physiol.*, **1**, 1947, p. 307-323.

Nous venons d'étudier, à notre tour, le comportement du bacille du charbon (*Bacillus anthracis*) en présence de pénicilline et désirons rendre compte ici de nos constatations essentielles.

Nous avons employé plusieurs souches très inégalement douées de la capacité de sporuler, et cela avec les mêmes résultats généraux. La morphologie *externe* des germes vivants a été étudiée grâce à des cultures sur films de gélose placés entre lame et lamelle; quant à leur cytologie, elle a été précisée à l'aide de *décalques* de cultures sur gélose, fixés au Chabaud et traités par la ribonucléase et le Giemsa.

Cultivé en gélose sans pénicilline, le bacille du charbon donne de très longs filaments, de largeur partout égale (un peu inférieure à 1^{μ}) et cloisonnés en multiples segments placés bout à bout, dont chacun renferme un seul noyau ou plus rarement deux noyaux, à base d'acide désoxyribonucléique; ces noyaux, arrondis, ont de $0^{\mu},3$ à $0^{\mu},4$ de diamètre; ils présentent d'évidentes figures de division et se retrouvent dans les spores.

Semé sur gélose contenant une dose subléthale de pénicilline (1/20ᵉ d'unité par centimètre cube) le bacille montre, déjà au bout de deux heures, une modification extrêmement remarquable de sa morphologie. Certains des segments en lesquels se décomposent les filaments d'ensemencement, se gonflent en corps ovalaires. Tantôt ce processus n'atteint que quelques-uns des segments d'un filament, tantôt il les frappe tous, en sorte que le filament prend un aspect moniliforme. Le gonflement progresse et les ovales tendent vers des boules qui peuvent atteindre jusqu'à 5 à 6^{μ} de diamètre. Ces boules sont évidemment les homologues des corps larges des colibacilles. Chacune d'entre elles demeure séparée par une cloison des deux segments adjacents (dilatés ou non) et souvent on voit apparaître une cloison à l'intérieur même de la boule. Dans chaque boule, on voit un ou deux noyaux à base d'acide désoxyribonucléique, arrondis, mais d'un diamètre se situant vers 2^{μ}. C'est cinq à six fois le diamètre du noyau normal de la bactérie, et cela conduit à un volume nucléaire cent à deux cents fois plus grand. Ces noyaux géants sont les homologues de ceux des corps larges des colibacilles. Malheureusement, pas plus dans un cas que dans l'autre, on n'est encore en mesure de préciser, en toute certitude, leur signification. Tout au plus, peut-on songer, entre autres possibilités, à quelque analogie avec les chromosomes géants des insectes.

Autour de la cinquième à la sixième heure, les filaments et les boules évoluent généralement vers la mort et la lyse. Pourtant, quelques boules demeurent vivantes, grossissent encore et, pourvues finalement d'un énorme noyau entouré de relativement peu de matière cytoplasmique, finissent par ressembler à un lymphocyte, par leur taille et par leur aspect après coloration. Ultérieurement, elles s'allongent en même temps que diminue leur diamètre transversal et se transforment en gros boudins multinucléés et multicloisonnés. Chaque boudin poursuit son allongement, souvent en se pelotonnant sur lui-

même, avant de se scinder en éléments d'une dizaine de μ. Ces éléments courts se trouvent groupés en un amas représentant une sorte de microcolonie d'où, vers la dixième heure, sortent des filaments en tous points normaux quant à leurs dimensions et à leur cytologie. Ce retour à la morphologie normale nous paraît s'expliquer sans peine du fait de l'élaboration, par le bacille du charbon, d'une active pénicillinase qui finit par détruire l'antibiotique.

Bien des points de détail restent à préciser dans cette évolution cyclique, et le mécanisme intime des modifications cytologiques nous demeure encore inconnu. Mais, venant après les études sur le staphylocoque (coccus) et le colibacille (bacille à Gram négatif), nos observations sur le bacille du charbon (bacille à Gram positif) illustrent bien la généralité de cette extraordinaire plasticité morphologique et cytologique que peuvent présenter les bactéries, sous l'effet d'actions nocives.

IMMUNOLOGIE. — *Immunisation du Cobaye au moyen d'une suspension de virus aphteux adsorbé par l'hydroxyde d'aluminium et irradié par des ondes ultra-violettes (ultra-courtes).* Note (*) de MM. **Albert Hansen**, **Sven Schmidt** et **Paul Holm**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons fait connaître que sous certaines conditions l'irradiation par la lumière ultraviolette d'un virus aphteux adsorbé par l'hydroxyde d'aluminium, le transforme rapidement en anavirus qui possède un pouvoir immunisant relativement élevé pour le Cobaye.

Poursuivant notre expérimentation, nous avons soumis à l'irradiation une suspension de virus aphteux adsorbé par l'hydroxyde d'aluminium, puis dilué dans 10 parties d'eau distillée. La durée de l'irradiation des différents lots était respectivement de 10, 21, 45, 65, 75, 210, 360 et 540 secondes. Après l'irradiation, nous avons traité avec chaque lot six animaux en faisant des injections intradermiques dans le coussinet plantaire et en injectant en outre $0^{cm^3},05$ dans le muscle des pattes postérieures. Les premiers lots ont provoqué, chez tous les animaux traités, une fièvre aphteuse, généralisée, Trois animaux du 4e lot ont contracté la fièvre aphteuse, les trois autres sont restés indemmes. Les quatre derniers échantillons n'ont provoqué aucun symptôme chez les animaux traités, ce qui signifie que la suspension était ainsi rendue complètement anavirulente. Huit jours plus tard les animaux qui n'ont pas présenté de fièvre aphteuse ont été éprouvés vis-à-vis du virus actif selon la technique habituelle. Nous avons constaté que les animaux étaient immuns; ils ont présenté des réactions locales d'une intensité variable, mais pas de signe de généralisation, tandis que les animaux témoins injectés simultanément avec le même virus ont tous contracté une fièvre aphteuse généralisée très sévère.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1425.

Dans une autre expérience nous avons préparé un adsorbat avec du virus bovin très virulent aussi pour le Cobaye, du type A. Vallée. Le contenu en virus correspondait à 1,4%, mais avant l'irradiation nous avons dilué l'adsorbat 10 fois avec de l'eau distillée. Ensuite nous l'avons partagé en deux parties. La première fut soumise à l'irradiation pendant 165 secondes, la deuxième durant 60 secondes; six cobayes ont été injectés avec chaque échantillon, d'une part par voie intradermique et, d'autre part, par voie intramusculaire, exactement comme dans l'essai précédent. La première suspension avait perdu sa virulence, tandis que la deuxième a provoqué la fièvre aphteuse chez un cobaye, les cinq autres n'ont présenté aucune réaction. L'épreuve d'immunité fut faite 8 jours après la vaccination : 6 cobayes du premier lot se sont montrés immuns (3 n'avaient aucune réaction et 3 des aphtes primaires). Un cobaye vacciné avec la deuxième suspension a montré une généralisation sévère, 4 autres étaient immuns (2 n'avaient aucune réaction, 2 seulement des aphtes primaires). Les dix animaux témoins montraient tous une généralisation sévère.

Une expérimentation limitée faite sur le Bœuf a donné des résultats analogues à ceux obtenus chez les cobayes.

Ajoutons qu'une dilution de virus non adsorbé par l'hydroxyde d'aluminium se comporte de la même façon vis-à-vis de l'irradiation que le virus adsorbé. Le virus actif est promptement transformé en *anavirus*. Nous opérons toujours à pH 7,5.

Les résultats de ces nouvelles expériences confirment ceux précédemment acquis et montrent qu'en soumettant un virus aphteux, adsorbé ou non par l'hydroxyde d'aluminium, à l'irradiation par les rayons ultraviolets, il est possible d'obtenir un anavirus doué de propriétés immunisantes manifestes.

Des essais sont actuellement en cours chez les Bovidés afin de préciser si les vaccins antiaphteux anavirulents, préparés comme nous l'avons indiqué, grâce à l'irradiation du virus par les ondes ultraviolettes, présentent un pouvoir immunisant égal ou supérieur aux vaccins obtenus selon le procédé employé jusqu'à présent, c'est-à-dire par l'action combinée du formol et de la chaleur.

IMMUNOLOGIE. — *Les fonctions humorales de l'immunité dans le sérum humain.* Note (*) de M. **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons montré précédemment que dans le sérum de Cheval trois fractions globuliniques nettement définies supportent trois groupes d'anticorps différents. La solubilité de ces fractions a été rationnellement rattachée aux fonctions humorales de l'immunité qu'assument les anticorps qu'elles supportent (1), (2).

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 378.

(2) Xe *Congrès de Chimie biologique*, Paris, octobre 1948.

Antérieurement déjà nous avons prouvé que l'une de ces fractions au moins se retrouve dans le sérum humain. Il s'agit de l'euglobiline I, fraction la moins soluble des protéides sériques qui supportent les agglutinines dans le sérum de Cheval et les isoagglutinines anti-Rh du sérum humain ([3]). La présente communication apporte la preuve de l'existence dans le sérum humain d'une deuxième fraction globulinique dont les caractères de solubilité sont comparables à ceux de l'euglobuline IIA du sérum de Cheval. C'est elle qui supporte les agglutinines H anti-Salmonellas et sa quantité augmente considérablement dans les fièvres typhoïdes ([4]).

Les sérums sont recueillis par centrifugation le jour même de la prise de sang, puis mis à dialyser dans la semaine qui suit. La dialyse est arrêtée au bout de 16 heures et le sérum est dilué dans l'eau distillée au 1/4 de son volume du départ. Par centrifugation, on recueille un premier précipité (euglobuline I). Celui-ci est lavé une fois avec un peu d'eau distillée et deux fois de suite avec un phosphate tampon M/200 de pH 7,2. Les eaux mères sont amenées à pH 5,9 avec de l'acide acétique dilué. Le précipité recueilli constitue l'euglobuline IIA. Il est lavé deux fois de suite avec un phosphaste tampon M/400 de pH 5,9. Dans les eaux mères on obtient l'euglobuline IIB à pH 5,2 et, enfin, à la neutralité, les pseudoglobulines par le sulfate d'ammonium à 34 %. Toutes les fractions euglobuliniques sont dissoutes dans une solution de chlorure de sodium à 9 °/₀₀ contenant 1 °/₀₀ de bicarbonate de sodium et neutralisées si nécessaire. Les pseudoglobulines sont dialysées contre l'eau distillée pendant 24 heures, puis isotonisées.

Les résultats de ces fractionnements obtenus avec quatre sérums de typhiques et trois sérums normaux sont réunis dans le tableau ci-après avec ceux des déterminations des activités agglutinantes anti-H.

*Teneur en différentes fractions globuliniques des sérums humains normaux et typhoïdiques, et activité agglutinante anti-*H *des fractions.*

	Eu I		Eu II A		Eu II B		Pseudogl.		Sérum
	prot. (°/₀₀).	act. agglut.	prot. (°/₀₀).	act. agglut.	prot. (°/₀₀).	act. agglut.	prot. (°/₀₀).	act. agglut.	activité agglut.
			1° Sujets normaux.						
Coul.	3,3	–	3,9	–	1	–	11,8	–	–
Gir.	2	–	4,2	–	3	–	9	–	–
Ro.	–	–	3,4	–	3	–	10,9	–	–
			2° Fièvres typhoïdes.						
Aca. (para B)	3,2	1/200	8,1	1/500	3	0	10,3	0	1/600
Mart. (Eberth)	2,1	1/1000	8,7	1/300	4,2	0	13,8	0	1/1000
Coss. (Eberth)	0,9	1/100	8,3	1/1000	1,6	0	13,5	1/50	1/1000
Bisch (Eberth)	1	1/100	10	1/300	2,4	0	14,2	1/50	1/600

([3]) G. SANDOR et M. BESSIS, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 962.

([4]) Le docteur Laporte et le professeur Mollaret nous ont fourni les sérums de malades.

Nous voyons que le taux de l'euglobuline II A augmente plus de deux fois au cours de la fièvre typhoïde. Cependant les agglutinines anti-H, supportées le plus souvent en majeure partie par cette fraction globulinique, se retrouvent toujours dans l'euglobuline I aussi et dans un cas presque en totalité. Ceci laisse supposer qu'il s'agit, en fait, d'une fraction de solubilité intermédiaire exactement comme pour les sensibilisatrices du sérum de Cheval ([5]). L'augmentation du taux de la fraction euglobulinique totale est particulièrement intéressante et rentre tout à fait dans le domaine de l'hypothèse que nous avons développée au sujet de l'origine des anticorps ([6]).

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

L. B.

([5]) J.-J. Pérez, G. Sandor et Mlle C. Sergent, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 966.
([6]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 164.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 8 décembre 1948.)

Note présentée le même jour, de M. *Roger Cerf*, Effet Maxwell (biréfringence d'écoulement) dans les suspensions de particules déformables. I. Généralités. Mouvement brownien de rotation et de déformation d'une particule sphérique élastique :

Page 1221, Note ([6]), *au lieu de* P. Cerf, *lire* R. Cerf;
» » ([7]), *au lieu de* J. de Phys., *lire* Cf. Francis Perrin, J. de Phys.;
» 1222, formule 2, *au lieu de* $\overline{X_{ii}X_{jj}} = \frac{kT}{V}\cdot\frac{\sigma}{E}$, *lire* $\overline{X_{ii}X_{jj}} = -\frac{kT}{V}\cdot\frac{\sigma}{E}$.

(*Comptes rendus* du 20 décembre 1948.)

Note présentée le même jour, de M. *Émile Haas*, Un optomètre à fentes sténopéiques, de sensibilité constante :

Page 1406, formule (1 *bis*), *au lieu de* $p = \frac{P-A}{P^2}$, *lire* $p = -\frac{P-A}{P^2}$;
» » (2 *bis*), *au lieu de* $\frac{dp}{dA} = -\frac{1}{P^2}$, *lire* $\frac{dp}{dA} = \frac{1}{P^2}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JANVIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOCHIMIE. — *Sur les localisations histochimiques de la phosphatase alcaline au niveau du poumon du Rat.* Note (*) de MM. **Albert Policard** et **André Fulleringer.**

La localisation histochimique de la phosphatase alcaline dans le poumon a été l'objet d'un certain nombre de recherches dont les résultats manquent jusqu'à présent de précision. Pour Takamatsu ([1]) une phosphatase alcaline est décelable seulement dans la couche conjonctive immédiatement sous jacente à l'épithélium bronchique et aux glandes bronchiques séreuses. L'épithélium bronchique et bronchiolaire et le revêtement alvéolaire n'en montrent pas à l'état normal. Pour Kabat et Furth ([2]), le revêtement alvéolaire en est dépourvu; par contre, l'épithélium bronchique et bronchiolaire offrent une réaction nette, dans les cellules et surtout au niveau de la membrane basale. Pour Gomori ([3]), chez le Lapin, une phosphatase alcaline peut être décelée en trois points : le revêtement alvéolaire, l'endothélium musculaire, certains éléments lymphocytaires. Chez l'Homme, la réaction est positive au niveau de certains alvéoles, de certains capillaires et de l'épithélium des bronches.

Nous avons appliqué la méthode classique de Gomori au poumon du Rat normal ou du Rat présentant des réactions alvéolaires consécutives à l'inhalation de poussières. Le contact des coupes et de la solution de glycérophosphate a été de 2 heures, à pH 9,4.

Les résultats suivants ont été observés, avec une grande régularité.

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) *Trans. Soc. path. japonicæ*, **29**, 1939, p. 92; H. Takamatsu, T. Furuichi et Y. Motoike, *Trans. Soc. path. japonicæ*, **30**, 1940, p. 120.

([2]) *Amer. J. of Pathol.*, **17**, 1941, p. 303.

([3]) *Amer. J. of Pathol.*, **19**, 1943, p. 202.

La réaction phosphatasique est positive dans deux points.

I. *Dans certaines grosses cellules du type monocyte* qui se trouvent accumulées dans certaines zones plus ou moins affaissées et congestionnées du poumon. Dans les zones normales et non affaissées du parenchyme pulmonaire, ces cellules peuvent s'observer mais très rarement. On observe aussi de telles cellules autour des artères, dans leurs gaines conjonctives.

Dans les parties des poumons montrant des réactions d'hyperplasie des revêtements alvéolaires, ces cellules sont nombreuses, avec une réaction phosphatasique accentuée.

La nature de ces cellules ne nous semble pas douteuse. Ce sont des cellules du revêtement alvéolaire hypertrophiées, ayant acquis le type actif bien connu de monocyte. Sous leur forme de repos, forme de lymphocyte ou de *petite cellule nucléée*, ces éléments sont dépourvus de toute activité phosphatasique. Le noyau et le cytoplasma donnent constamment une réaction négative. Par contre, quand ces cellules ont subi une hypertrophie réactionnelle, elles montrent une réaction positive au niveau du noyau d'abord, puis ensuite au niveau du cytoplasma. Cette dernière réaction est surtout accentuée à la périphérie de l'élément. On peut aussi assez souvent observer autour de la cellule une zone du milieu intercellulaire donnant une réaction positive, à limites diffuses.

II. *La réaction est presque constamment positive au niveau des épithéliums bronchiques et bronchiolaires*, en deux régions distinctes.

La base de l'épithélium, la région de la basale et la substance conjonctive immédiatement en contact avec les cellules montrent souvent une réaction positive quelquefois accentuée.

A l'opposé, la zone tout à fait apicale des cellules, la cuticule qui les recouvre et la bordure de cils vibratiles donnent une réaction le plus souvent positive. Quelquefois celle-ci est localisée aux seuls cils vibratiles qui apparaissent teints en noir. Il est permis du reste de se demander s'il s'agit bien d'une réaction phosphatasique vraie ou d'une coloration secondaire des cils par un des produits de la réaction de l'argent.

Cette réserve particulière faite, on peut constater que cette réaction positive des sommets cellulaires de la cuticule et de la région vibratile a beaucoup d'analogies avec celle montrée au niveau de l'épithélium intestinal et de l'épithélium des tubes urinaires.

L'interprétation histophysiologique de ces dernières constatations est assez malaisée. On ne saisit pas bien la raison d'une accumulation de phosphatase alcaline au niveau de la bordure ciliée des bronches et des bronchioles. Il y a là une lacune dans nos connaissances.

III. A ces résultats positifs, nos recherches ont ajouté des *constatations négatives*.

Contrairement à ce qu'ont signalé divers observateurs, nous n'avons jamais

constaté de réaction positive au niveau de l'endothélium des capillaires sanguins.

Mêmes résultats négatifs en ce qui concerne les polynucléaires neutrophiles rencontrés par-ci par-là au niveau des zones en état de réaction congestive et d'affaissement. Même absence de réaction des phosphatases alcalines au niveau des cellules à poussières : contrairement aux monocytes sans poussières, ceux de ces éléments ayant phagocyté des particules étrangères (particules de suie, par exemple) ne montrent pas de réaction positive.

IV. Un certain nombre d'éléments du tissu pulmonaire montrent une *réaction positive*, d'intensité très variable, *seulement au niveau de leurs noyaux, à l'exclusion de leur cytoplasma*. Il s'agit là, pensons-nous, d'un problème très particulier. Les phosphatases alcalines des noyaux sont en rapport avec le métabolisme des acides ribonucléiques. Il s'agit d'un processus spécial, distinct de celui des phosphatases cytoplasmiques et nécessitant une étude particulière.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau : 1° un Ouvrage de M. André Angot intitulé *Compléments de mathématiques à l'usage des ingénieurs de l'électrotechnique et des télécommunications*, dont il a écrit la *Préface*; 2° un volume paru dans la collection des *Réunions d'études et de mises au point* tenues sous sa Présidence et intitulé *Les ondes électromagnétiques centimétriques*, par MM. André Angot, André Blanc-Lapierre, Robert Warnecke, Pierre Guénard, Mlle Colette Fauve, MM. Marc Jouguet, Jean Bernier, Raymond Cabessa, Georges Goudet, Jean Voge, Raymond Jouaust, Théo Kahan.

DÉSIGNATIONS.

M. le Directeur du **Centre National de la Recherche scientifique** prie l'Académie de désigner trois de ses Membres qui feront partie du Jury des *Prix Jean-S. Barès*.

MM. **Albert Caquot**, **Albert Portevin** et **Pierre-Paul Grassé** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. **André Léauté** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Louis Lumière*.

M. **Henry Bloch** adresse des remercîments pour la distinction qui a été accordée aux travaux de son frère, M. **André Bloch**, décédé.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Lyon pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques, par M. ANTOINE SAUNIER. *Contribution à l'étude des équilibres de solubilité et de vaporisation pouvant servir à la séparation naphtalène-phénols.*

2° Centre National de la Recherche scientifique. Carte de la végétation de la France. *Perpignan*, par M. HENRI GAUSSEN.

ALGÈBRE. — *Sur l'homologie et la cohomologie des algèbres de Lie.* Note (*) de M. **JEAN-LOUIS KOSZUL**, présentée par M. Élie Cartan.

1° *Nomenclature et notations.* — Soit $\mathfrak{a}$ une algèbre de Lie; on désigne encore par $\mathfrak{a}$ son espace vectoriel et par $\mathfrak{a}'$ l'espace dual. Les éléments de l'algèbre extérieure $\bigwedge(\mathfrak{a})$ sont appelés des *chaînes* de $\mathfrak{a}$ [des *p-chaînes* si ce sont des éléments du sous-espace $\bigwedge^p(\mathfrak{a})$ des p-vecteurs de $\mathfrak{a}$] [1]. Les éléments de l'algèbre extérieure $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ sont appelés des *cochaînes* de $\mathfrak{a}$ [des *p-cochaînes* s'ils sont dans $\bigwedge^p(\mathfrak{a}')$]. Il y a dualité entre les espaces des chaînes et des cochaînes.

Soit ∂ l'opérateur différentiel de $\bigwedge(\mathfrak{a})$ tel que

$$\partial.(x^1 \wedge \ldots x^i \wedge \ldots x^j \wedge \ldots x^p) = \Sigma^{i<j}(-1)^{i+j+1}[x^i, x^j] \wedge x^1 \wedge \ldots x^i \wedge \ldots x^j \wedge \ldots x^p,$$

lorsque $x^1, \ldots, x^p \in \mathfrak{a}$ [2] et soit δ l'opérateur différentiel de $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ transposé de $-\partial$. Un zéro de ∂ (resp. δ) sera appelé un *cycle* (*cocycle*) de $\mathfrak{a}$. L'opérateur δ définit dans $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ une structure d'*algèbre différentielle graduée* dont l'algèbre de cohomologie $H(\mathfrak{a})$ est appelée *algèbre de cohomologie* de $\mathfrak{a}$ [3]. Elle est graduée par les sous-espaces $H^p(\mathfrak{a})$ que constituent les classes de cohomologie des p-cycles.

On désigne par $\iota(u)$ l'endomorphisme de $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ qui transforme une cochaîne a en le produit intérieur $u \lrcorner a$. Son transposé est l'endomorphisme de $\bigwedge(\mathfrak{a})$ qui transforme une chaîne v en $u \wedge v$. Lorsque $x \in \mathfrak{a}$, on désigne par θ_x l'endomorphisme $\iota(x)\delta + \delta\iota(x)$. C'est une dérivation de l'algèbre extérieure $\bigwedge(\mathfrak{a}')$; $x \to \theta_x$ est une représentation linéaire de $\mathfrak{a}$. Les endomorphismes transposés ${}^t\theta_x$ jouissent des mêmes propriétés.

Soit $\mathfrak{b} \subset \mathfrak{a}$ une sous-algèbre de l'algèbre de Lie $\mathfrak{a}$. Une cochaîne (chaîne) de $\mathfrak{a}$ sera dite *invariante par* $\mathfrak{b}$ si c'est un zéro de tous les endomorphismes θ_x (${}^t\theta_x$)

(*) Séance du 17 janvier 1949.

(1) Le corps de base est supposé de caractéristique $\neq 2$. Pour tout ce qui concerne les algèbres extérieures, on se reportera à l'*Algèbre multilinéaire* de N. Bourbaki (Paris, 1948) dont nous adoptons les notations.

(2) Ces définitions sont équivalentes à celles de Chevalley et Eilenberg (*Trans. of Amer. Math. Soc.*, 1948, p. 85-124). Nous renvoyons à ce Mémoire pour tout ce qui concerne l'interprétation topologique des résultats dans le cas où $\mathfrak{a}$ est l'algèbre de Lie d'un groupe compact.

(3) *Cf.* H. CARTAN, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 148-150.

où $x \in \mathfrak{b}$. Les chaînes ou cochaînes de $\mathfrak{a}$ invariantes par la sous-algèbre $\mathfrak{a} \subset \mathfrak{a}$ seront simplement qualifiées d'*invariantes*.

2° Soit φ un homomorphisme d'une algèbre de Lie $\mathfrak{b}$ dans l'algèbre de Lie $\mathfrak{a}$. On désignera encore par φ son prolongement ([1]) à l'algèbre extérieure $\wedge(\mathfrak{b})$; son transposé est une représentation ${}^t\varphi$ de $\wedge(\mathfrak{a}')$ dans $\wedge(\mathfrak{b}')$ qui vérifie la relation $\delta\,{}^t\varphi = {}^t\varphi\,\delta$ et induit donc une représentation ${}^t\bar{\varphi}$ de $H(\mathfrak{a})$ dans $H(\mathfrak{b})$. On démontre le

LEMME. — *Si v est une p-chaîne de $\mathfrak{b}$ et u une chaîne de $\mathfrak{a}$ invariante par $\varphi.\mathfrak{b}$, alors*

$$\partial.[(\varphi.v)\wedge u] = (\partial\varphi.v)\wedge u + (-1)^p(\varphi.v)\wedge(\partial.u).$$

On en déduit que $\delta\iota(u) = (-1)^p\iota(u)\delta$ pour tout p-cycle invariant u de $\wedge(\mathfrak{a})$. Soit $\bar{\iota}(u)$ l'endomorphisme de $H(\mathfrak{a})$ induit par $\iota(u)$; un élément $a \in H(\mathfrak{a})$ sera dit *primitif* si sa composante dans $H^0(\mathfrak{a})$ est 0 et si $\bar{\iota}(u).a \in H^0(\mathfrak{a})$ pour tout cycle invariant u dont la composante dans $\wedge^0(\mathfrak{a})$ est nulle.

3° Un homomorphisme φ de $\mathfrak{b}$ dans $\mathfrak{a}$ sera dit *réductif* si les endomorphismes $\theta_{\varphi.x}$ de $\wedge(\mathfrak{a}')$ constituent, lorsque x parcourt $\mathfrak{b}$, une famille complètement réductible. Une algèbre de Lie $\mathfrak{a}$ sera dite *réductive* si l'isomorphisme identique de $\mathfrak{a}$ sur $\mathfrak{a}$ est réductif ([4]). Lorsque le corps de base est de caractéristique 0, les algèbres de Lie réductives sont simplement les produits directs d'algèbres semi-simples et d'algèbres abéliennes.

Soit $\mathfrak{a}$ une algèbre de Lie réductive sur un corps de caractéristique 0; *les composantes non nulles d'un élément primitif de* $H(\mathfrak{a})$ *sont de degré impair; l'isomorohisme identique du sous-espace* P *des éléments primitifs dans l'algèbre* $H(\mathfrak{a})$ *se prolonge en un isomorphisme de l'algèbre extérieure* $\wedge(P)$ *sur* $H(\mathfrak{a})$. Ceci constitue une extension à la cohomologie des algèbres de Lie du théorème de Hopf relatif à la cohomologie des groupes compacts ([5]); on peut en donner une démonstration algébrique qui repose sur le lemme de 2°.

4° Soit $\mathfrak{b}$ une sous-algèbre de l'algèbre de Lie $\mathfrak{a}$ et soit φ l'isomorphisme identique de $\mathfrak{b}$ dans $\mathfrak{a}$. L'idéal $\mathcal{B}^1$ des zéros de ${}^t\varphi$ est engendré par le sous-espace R^1 des 1-cochaînes de $\mathfrak{a}$ orthogonales à $\varphi.\mathfrak{b}$. La sous-algèbre extérieure $\wedge(R^1) \subset \wedge(\mathfrak{a}')$ qu'engendrent R^1 et $\wedge^0(\mathfrak{a}')$ est stable par les endomorphismes $\theta_{\varphi.x}$. Soit L la sous-algèbre des cochaînes de $\mathfrak{a}$ invariantes par $\mathfrak{b}$ et contenues dans $\wedge(R^1)$. C'est un sous-espace stable par δ qui y définit une structure d'algèbre différentielle graduée dont l'algèbre de cohomologie $H(\mathfrak{a};\mathfrak{b})$ est appelée *algèbre de cohomologie de* $\mathfrak{a}$ *relative* à la sous-algèbre $\mathfrak{b}$ ([2]). L'isomorphisme identique de L dans $\wedge(\mathfrak{a}')$ induit une représentation $\bar{\pi}$ de $H(\mathfrak{a};\mathfrak{b})$ dans $H(\mathfrak{a})$.

([4]) Si $\mathfrak{a}$ est l'algèbre de Lie d'un groupe compact, on déduit de l'existence d'un produit scalaire invariant sur $\mathfrak{a}$ que tout automorphisme dans $\mathfrak{a}$ est réductif.

([5]) *Cf.* H. HOPF, *Ann. of Math.*, **42**, 1941, 22-52 et CHEVALLEY EILENBERG [*loc. cit.* note ([2])].

THÉORÈME A. — *Si $\mathfrak{b}$ est une sous-algèbre d'une algèbre de Lie réductive $\mathfrak{a}$ sur un corps de caractéristique* o, *l'image de $\overset{t}{\pi}$ est une sous-algèbre de* H($\mathfrak{a}$) *engendrée par l'unité et des éléments primitifs.*

Cette généralisation d'un théorème de Samelson ([6]) se démontre en remarquant que, en vertu du lemme, l'image de $\overset{t}{\pi}$ est stable par chaque endomorphisme $\bar{\iota}(u)$ associé à un cycle invariant u de $\mathfrak{a}$. Or, avec les hypothèses du théorème, ces endomorphismes sont ceux que le produit intérieur définit dans $\bigwedge(\mathrm{P}) = \mathrm{H}(\mathfrak{a})$ et l'on démontre facilement qu'une sous-algèbre de $\bigwedge(\mathrm{P})$ stable par tous les produits intérieurs est engendrée par $\bigwedge^0(\mathrm{P})$ et un sous-espace de P.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des solutions du problème de représentation conforme de Helmholtz (cas des obstacles polygonaux).* Note (*) de M. **ROGER HURON**, présentée par M. Henri Villat.

Dans le plan $z = x + iy$, on considère la ligne polygonale $\mathcal{C}$ de sommets consécutifs $\mathrm{BP}_1, \ldots, \mathrm{P}_{n-1}\mathrm{C}$ telle que

$$\overrightarrow{\mathrm{BP}_1} = l_1 e^{i\theta_1}, \qquad \overrightarrow{\mathrm{P}_{j-1}\mathrm{P}_j} = l_j e^{i\theta_j}, \qquad \overrightarrow{\mathrm{P}_{n-1}\mathrm{C}} = l_n e^{i\theta_n}$$

[les l_j et θ_j étant des nombres réels $0 \leqq \theta_j \leqq \pi$ $(j = 1, 2, \ldots, n)$].

La ligne $\mathcal{C}$ est placée dans un canal indéfini à bords rectilignes et parallèles μ_1 et μ_2; on note $d_1(d_2)$ la distance de C(B) à $\mu_1(\mu_2)$; l'ensemble de $\mathcal{C}$, μ_1 et μ_2 constitue le squelette du problème de représentation conforme de Helmholtz relativement auquel nous nous posons le problème du sillage.

En utilisant les méthodes de M. J. Leray ([1]), M. J. Kravtchenko a établi l'existence d'au moins une solution ([2]) pour le problème en cause. Nous nous proposons ici de compléter ces résultats par une discussion d'unicité. A cet effet, nous adapterons à notre cas les raisonnements de M. Leray tels qu'ils sont présentés dans K1, Chapitre IV.

([6]) *Ann. of Math.*, **42**, 1941, p. 1091-1137; Satz V.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

([1]) J. LERAY et J. SCHAUDER, *Ann. de l'Éc. Norm. Sup.*, **51**, 1934, p. 45; M. Leray a appliqué ses résultats à la discussion du problème du sillage et de la proue en fluide indéfini posés pour un obstacle tranchant lisse (*Commentarii Mathematici Helvetici*, **8**, 1936, p. 250). Dans sa thèse, sur le problème de représentation conforme de Helmholtz (*Journ. de Math.*, 9e série, **20**, 1941, p. 35-40), M. J. Kravtchenko a étendu ces résultats au cas d'un tel obstacle enfermé dans un canal à bords rectilignes μ_1 et μ_2. La référence à ce travail sera, dans la suite, notée K1.

([2]) *Ann. de l'Éc. Norm. Sup.*, **63**, 1945, p. 233-268. La référence à ce travail sera notée K2.

Reprenons les notations de M. Kravtchenko (*cf.* K2, p. 243); appelons $Z_j = e^{is_j}$ l'affixe dans le plan Z des images des sommets

$$P_j (j = 1, 2, \ldots, n-1) \qquad (0 \leqq s_j \leqq \pi)$$

et soient a et b les paramètres de M. Villat ($a < -1$, $b > 1$); le problème du sillage posé pour notre squelette se ramène d'après M. Villat au système (*cf.* K2, p. 244)

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} & s_1 = s_1 + \frac{1}{\lambda}\left[l_1 - \alpha - \int_0^{s_1} e^{-T(e^{is})} |df|\right], \\ & s_j = s_j - \frac{1}{\lambda}\left[l_j - l_{j-1} - \int_{s_{j-1}}^{s_j} e^{-T(e^{is})} |df|\right] \qquad (j = 1, 2, \ldots, n-1), \\ & \frac{1}{a+1} = \frac{1}{a+1} - \lambda\left[\frac{1}{d_1} - \frac{1}{\int_q^1 \sin\Omega(X, 0)\, df(X, 0) + \psi_2}\right], \\ & \frac{1}{b-1} = \frac{1}{b-1} + \lambda\left[\frac{1}{d_2} - \frac{1}{\int_{-q}^{-1} \sin\Omega(X, 0)\, df(X, 0) + \psi_1}\right], \end{aligned} \right.$$

où λ est un paramètre fixe, ayant les dimensions d'une longueur et où $T(e^{is})$ et $f(e^{is})$ sont des fonctions compliquées des *inconnues* s_j, a et b et des *données* ι_j et θ_j. Comme dans K2 on remplace (1) par une équation unique du type de Schauder-Leray

$$(2) \qquad x = \mathcal{F}\left(x, \theta_j, l_j, \frac{1}{d_1}, \frac{1}{d_2}\right),$$

où x est l'élément générateur d'un espace euclidien E à $n+1$ dimensions (a, b, s_j) et où $\mathcal{F}$ est une transformation ponctuelle, continue en x, opérant sur E, définie dans l'hypersphère S ($|x| \leqq$ Borne fixe) de E et qui à tout $x \in S$ fait correspondre un élément $x' \in S'$ (S' étant l'hypersphère $|x| \leqq$ Borne fixe) de E. E étant linéaire, normé, complet (avec $\|x\| = \sum |s_j| + |a| + |b|$). La théorie de MM. Leray et Schauder s'applique à (2)

1° Nous établissons d'abord l'existence de la différentielle de Fréchet de $\mathcal{F}$

$$(3) \qquad \delta x = \mathcal{F}\left[\delta x, x, \theta_j, e_j, \frac{1}{d_1}, \frac{1}{d_2}, \Delta\theta_j \Delta e_j \Delta\left(\frac{1}{d_1}\right) \Delta\left(\frac{1}{d_2}\right)\right].$$

On déduit de là que : *a.* $\mathcal{F}$ est complètement continue; *b.* que les solutions de (2) sont isolées, ce qui justifie la mise en œuvre de la théorie de l'indice topologique de MM. Leray et Schauder.

2° Tout revient dès lors à étudier l'indice d'une solution de l'équation aux variations

$$(4) \qquad \delta x = \mathcal{F}\left(\delta x, x, \theta_j e_j, \frac{1}{d_1}, \frac{1}{d_2}, 0, 0 \ldots 0\right).$$

3° Nous montrons que dans notre cas la réalisation du 2° se ramène encore au problème aux limites de M. Weinstein. La fonction $\gamma(Z)$ est assujettie à vérifier les mêmes conditions frontières que dans K1 (p. 242), sauf aux points Z_j où elle est encore finie, continue avec

$$\frac{d\gamma}{dZ} = 2\delta\alpha_j\left[\frac{df}{dZ}\right]_{Z=Z_j} \mathrm{Log}(Z - Z_j) + \text{fonction régulière en } Z_j$$

4° Malgré la présence de ces singularités, le lemme de M. Friedrichs (*cf.* K1, p. 243) est encore valable; comme dans K1 on en déduit que (4) possède une solution et une seule dans les deux cas suivants :

a. Le squelette est symétrique par rapport à l'axe du canal.

b. Le squelette est convexe vers le fluide vif.

Il en résulte que le problème du sillage possède une et une seule solution si les hypothèses (a) et (b) sont vérifiées.

Dans une prochaine Note, nous nous proposons d'étendre nos conclusions au cas des obstacles courbes non lisses (³).

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Multiplicités des composantes singulières d'intersection.* Note de M. **Pierre Samuel**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous conservons les notations d'une Note précédente (¹). Nous allons nous intéresser aux variétés et cycles portés par une *variété ambiante* Ω^{ω} de l'espace affine A^n; étant données deux sous-variétés U^u et V^v de Ω nous considérerons les composantes M de $U \cap V$ qui sont de dimension $u+v-\omega$; si M est simple sur Ω, la théorie de Weil-Chevalley (WF, I) permet de définir la multiplicité d'intersection relative $i_{\Omega}(M; U.V)$; nous allons étendre cette théorie à certaines composantes M singulières sur Ω.

Soient $X^{\omega-s}$ et $Y^{\omega-t}$ deux cycles portés par Ω et A une sous-variété de Ω contenue dans X et Y; nous supposerons qu'au voisinage de A, X et Y sont *des sous-multiples d'intersections complètes*, c'est-à-dire qu'il existe des cycles X_1^{n-s} et Y_1^{n-t} et des entiers a et b tels que $aX - \Omega.X_1$ et $bY - \Omega.Y$ soient des cycles ne contenant pas A. Nous définirons localement le produit d'intersection X.Y par la formule $abX.Y = X_1.\Omega.Y$; le principe local d'associativité montre que cette définition est indépendante du choix de a, b, X_1, Y_1; nous noterons $i_{\Omega}(M; X.Y)$ le coefficient de M dans X.Y. Si X et Y sont sous-multiples d'intersections complètes en toutes les composantes, supposées de dimension $u+v-\omega$, de $X \cap Y$, nous définirons X.Y (global) par linéarité. Lorsque A est simple sur Ω, X et Y sont des intersections complètes au voisi-

(³) Signalons que M. Weinstein avait obtenu le résultat d'unicité dans le cas du squelette symétrique concave vers le fluide vif (*Rendiconti d. R. Acc. Lincei*, 1927, p. 157).

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 158.

nage de A et notre définition généralise celle de C. Chevalley (I, th. 6, p. 72). Si la composante M est singulière $i_\Omega(M; X.Y)$ peut être un nombre fractionnaire : elle vaut 1/2 si X et Y sont deux génératrices d'un cône du second degré de sommet M.

On montre aisément que le produit d'intersection ainsi défini satisfait au *principe d'associativité* (local et global) et à la *formule des variétés produits*. Il est invariant par toute correspondance birationnelle de Ω, qui est birégulière en M. Le cycle X.Y est la projection sur le premier facteur du cycle $(X_1 \times Y_1).\Omega^\Delta$ (localement). Si X et Y sont des cycles positifs, on a $i_\Omega(M; X.Y) \leq i(M; X.Y)$, multiplicité de la composante excédentaire M de $X_\cap Y$ dans l'espace affine; l'égalité caractérise les composantes simples.

Soient X un cycle de $\Omega \times \Omega'$ et Y un cycle de Ω; si M est une composante de $Y_\cap(\mathrm{pr}X)$ (prX étant la projection algébrique de X; *cf.* WF, p. 208 et I, p. 79) telle que Y.prX soit définie en M et $(Y \times \Omega').X$ en toute composante M_i de $(Y \times \Omega').X$ se projetant en M, et si aucune M_i n'est à l'infini, on a la *formule de projection* $i_\Omega(M; Y.\mathrm{pr}X) = \sum_{i=1}^{q} [M_i : M]\, i_{\Omega\times\Omega'}[M_i; (Y \times \Omega').X]$; lorsque les conditions précédentes sont satisfaites en toutes composantes on a la formule globale $Y.\mathrm{pr}X = \mathrm{pr}[(Y \times \Omega').X]$.

On peut définir la notion de *spécialisation de cycles de dimension arbitraire* sur un corps k; pour les diviseurs de l'espace affine on spécialise sur k les coefficients de leurs équations; pour les autres cycles on les projette génériquement sur des diviseurs d'un sous-espace et l'on spécialise ceux-ci sur $k(u)$, les $u_{\alpha i}$ étant les coefficients, algébriquement indépendants sur k, de la projection (cf. *Zugeordnete Form* de Chow-Van der Waerden). On montre que cette notion satisfait aux exigences formulées dans WF (Chap. IX, § 6). De plus si X et Y sont deux cycles de Ω tels que X.Y soit défini (globalement), et si (X', Y') est une spécialisation de (X, Y) sur un corps de définition k de Ω telle que X'.Y' soit défini, X'.Y' est l'unique spécialisation de X.Y sur $(X, Y) \to (X', Y')$ avec référence à k (ceci au moins si X.Y a au plus une composante singulière). Ceci généralise le *principe de conservation du nombre*.

Soit A une sous-variété de Ω; si nous identifions deux cycles de Ω qui ne diffèrent que par des variétés ne contenant pas A nous obtenons le groupe Γ_A des *cycles locaux* en A. Les cycles locaux intersections complètes en A forment un sous-groupe H de Γ_A; le groupe quotient Γ_A/H sera appelé le *groupe d'holotomie* de Ω en A et noté $H(\Omega, A)$; c'est la somme directe des sous-groupes $H_i(\Omega, A)$ correspondant aux cycles de dimension i. Si A est simple sur Ω on a $H(\Omega, A) = \{O\}$; la réciproque est inexacte. On peut aussi considérer le groupe d'holotomie global $H(\Omega)$; $H(\Omega, A)$ est un quotient de $H(\Omega)$ et aussi de $H(\Omega, B)$ si $B \subset A$. Nous avons ainsi défini X.Y(en A)

pour des cycles dont la classe est *périodique* dans $H(\Omega, A)$. On montre que, sur un cône de degré 2 ou 3 de l'espace ordinaire, toute courbe est globalement holotomique à une somme de génératrices; on en déduit que les groupes $H_1(\Omega)$ et $H_1(\Omega, A)$ sont isomorphes (A : sommet); si Ω est de degré 2 ils sont cycliques à deux éléments; si Ω est un cône elliptique de degré 3 et si le domaine universel est le corps des nombres complexes, ces groupes sont isomorphes au produit d'un groupe cyclique à 3 éléments et du groupe des paramètres elliptiques uniformisant une base de Ω. Si Ω est une quadrique non singulière, $H_1(\Omega)$ est un groupe cyclique infini.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les vecteurs indicatifs d'un réseau quelconque tracé sur une surface.* Note (*) de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Si, en chaque point M de la surface, nous menons deux vecteurs de longueurs arbitraires, λ et μ, respectivement tangents aux deux courbes du réseau, nous obtenons un *réseau armé*. Le déplacement élémentaire du repère $Me_1e_2e_3$, pour lequel e_1 et e_2 seraient λ et μ, aurait comme composantes relatives, entre autres, les formes ω^1 et ω^2 qui figurent dans

$$dM = \omega^1\lambda + \omega^2\mu, \tag{1}$$

et des formes ω_i^k $(i, k = 1, 2)$, que nous écrirons $\omega_i^k = \gamma_{ij}^k\omega^j$. Les invariants r et s définis par

$$d\omega^1 = r[\omega^1\omega^2], \qquad d\omega^2 = -s[\omega^1\omega^2]$$

sont, d'après les équations de structure (1), liées aux rotations γ_{ij}^k par

$$r = \gamma_{12}^1 - \gamma_{21}^1, \qquad -s = \gamma_{12}^2 - \gamma_{21}^2. \tag{2}$$

Cela rappelé, nous définissons deux vecteurs P et Q, l'un par la formule

$$P = r\lambda - s\mu, \tag{3}$$

l'autre par les conditions

$$s = Q.\lambda, \qquad r = Q.\mu. \tag{4}$$

P et Q sont les *indicatifs*, premier et second, *du réseau armé*. P vérifie des conditions analogues à (4), si l'on introduit les vecteurs $\bar{\lambda}$ et $\bar{\mu}$, normaux au réseau, par

$$\bar{\lambda}.\lambda = 1, \qquad \bar{\lambda}.\mu = 0, \qquad \bar{\mu}.\lambda = 0, \qquad \bar{\mu}.\mu = 1; \tag{5}$$

il vient alors

$$r = P.\bar{\lambda}, \qquad -s = P.\bar{\mu}. \tag{6}$$

(*) Séance du 17 janvier 1949.

(1) E. Cartan, *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945, p. 122.

2. Il importe de savoir exprimer les composantes des indicatifs relatives à un système de coordonnées curvilignes quelconques u^1, u^2.

La partie tangentielle de $d\lambda$, à savoir $\omega_1^1\lambda + \omega_1^2\mu$, a pour composantes covariantes $\lambda_{\alpha,\beta}du^\beta$ (la virgule dénotant une dérivée covariante), c'est-à-dire, en vertu de (1), $\lambda_{\alpha,\beta}(\omega^1\lambda^\beta + \omega^2\mu^\beta)$. Identifiant les coefficients de ω^2, il vient

$$\gamma_{12}^1\lambda_\alpha + \gamma_{12}^2\mu_\alpha = \lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta.$$

Un calcul analogue effectué sur $d\mu$ donne

$$\gamma_{21}^1\lambda_\alpha + \gamma_{21}^2\mu_\alpha = \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta.$$

Résolvant par rapport aux γ_{ij}^k, et portant dans (2), on obtient

(7) $$r = (\lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta - \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta)\bar{\lambda}^\alpha, \qquad -s = (\lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta - \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta)\bar{\mu}^\alpha,$$

d'où, par comparaison avec (6),

(8) $$P_\alpha = \lambda_{\alpha,\beta}\mu^\beta - \mu_{\alpha,\beta}\lambda^\beta.$$

Pour obtenir les composantes de Q, tenons compte du fait que

$$\bar{\lambda}^\alpha = -\frac{\varepsilon^{\rho\alpha}\mu_\rho}{\sqrt{G}}, \qquad \bar{\mu}^\alpha = \frac{\varepsilon^{\rho\alpha}\lambda_\rho}{\sqrt{G}},$$

où $\varepsilon^{\alpha\beta}$ est le bivecteur-unité, et $\sqrt{G}$ l'aire du parallélogramme construit sur λ et μ. Les formules (7) deviennent

(9) $$s = \frac{\varepsilon^{\alpha\rho}P_\alpha}{\sqrt{G}}\lambda_\rho, \qquad r = \frac{\varepsilon^{\alpha\rho}P_\alpha}{\sqrt{G}}\mu_\rho,$$

d'où, par comparaison avec (4),

(10) $$Q^\rho = \frac{\varepsilon^{\alpha\rho}P_\alpha}{\sqrt{G}}.$$

3. Les invariants r et $-s$ généralisent les invariants $1/\sigma$ et $1/\sigma'$ que M. W. C. Graustein définit [2] pour le cas où λ et μ sont unitaires. Ils permettent aussi de généraliser la notion de *dérivée directionnelle modifiée* du même auteur (p. 499); le *gradient modifié* de f serait : $\text{grad} f - Qf$.

4. Quand λ et μ sont unitaires, P et Q sont simplement les *indicatifs du réseau*; ils sont nuls, si le *réseau* habille la surface au sens *de Tchebycheff*, et réciproquement. Lorsque, λ et μ étant unitaires, le réseau est orthogonal, le premier indicatif est identique au *vecteur de courbure géodésique* de M. Graustein (*loc. cit.*, p. 520); ses composantes peuvent alors s'écrire

(11) $$P_\alpha = \mu^\beta\lambda_{\beta,\alpha}.$$

---

(2) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 36, 1930, p. 498.

Son curl est égal à la courbure totale, changée de signe, de la surface; si sa divergence est nulle, le réseau orthogonal est *isotherme*.

Particulièrement important dans les applications est le premier indicatif du réseau des lignes de courbure, que nous appellerons l'*indicatif principal de la surface*; il en est de même du tenseur symétrique $P_{\alpha,\beta}+P_{\beta,\alpha}$ construit sur la dérivée covariante de l'indicatif principal.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Covariance relativiste en théorie du photon superquantifié.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. L'équation fondamentale de la récente théorie de Schwinger [1] s'obtient, en théorie du photon de M. L. de Broglie [2], par une induction toute naturelle. $\mathcal{S}$ désignant une famille continue d'hypersurfaces tridimensionnelles d'Univers du genre espace, $\mathcal{R}_{\mathcal{S}}(u)$ la fonction de répartition, $\mathcal{H}(x)$ l'hamiltonien densitaire d'interaction, homogène à une densité d'énergie propre, $\delta\omega$ l'élément quadrilinéaire $[dx^1\,dx^2\,dx^3\,dx^4]$, l'équation

$$\mathcal{R}_2-\mathcal{R}_1=\frac{2\pi i}{h}\iiiint_{\mathcal{S}_1}^{\mathcal{S}_2}\mathcal{H}(x)\,\mathcal{R}_{\mathcal{S}}(n)\,\delta\omega \tag{1}$$

se réduit à celle connue lorsqu'on prend pour $\mathcal{S}$ des $t=\text{const.}$; la relation de $\mathcal{H}(x)$ à l'hamiltonien ordinaire est alors

$$\mathrm{H}_t=\iiint_{t=\text{const.}}\mathcal{H}(x)\,dx^1\,dx^2\,dx^3. \tag{2}$$

L'on posera comme d'habitude [3]

$$\mathcal{H}^{(i)}=-(\mathrm{A}^k j_k)_{\text{op}},\qquad \mathcal{H}=\mathcal{H}^{(i)}, \tag{3}$$

et aussi

$$\left\{\begin{aligned} &\mathrm{A}^k=\Sigma\mathrm{A}^k_p\,e^{\frac{2\pi i}{h}p^j_p x_j}, &&\psi=\Sigma\psi_m\,e^{\frac{2\pi i}{h}p^j_m x_j},\\ &j^k=-ie\psi^+\gamma^0\gamma^k\psi, &&p^k=p^k_m-p^k_n+p^k_p,\end{aligned}\right. \tag{4}$$

en sorte que les éléments de matrice à considérer seront

$$\left\{\begin{aligned} &\mathcal{H}^{(i)}_{0n,pm}=-e\,\mathrm{A}^k_p\psi^+_m\gamma^0\gamma_k\psi_n\,e^{\frac{2\pi i}{h}p^j x_j},\\ &\mathcal{H}^{(i)}_{pn,0m}=-e\,\mathrm{A}^{*k}_p\psi^+_m\gamma^0\gamma_k\psi_n\,e^{-\frac{2\pi i}{h}p^j x_j}.\end{aligned}\right. \tag{5}$$

Portant dans (1), (5), (4) et (3), il vient, à la substitution près des $\mathcal{S}$

---

[1] *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1339. *Voir* équ. (2.5) et (2.6).

[2] *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Paris, 1949. *Voir* équ. (48), p. 92.

[3] *Op. cit.* [1] équ. (2.7), [2] p. 163, 168, 177.

aux $t = \text{const.}$, exactement les formules habituelles; mais la symétrie relativiste, qui était disloquée par le traitement usuel, est complètement rétablie. En particulier, le rôle éminent joué dans ces questions par la 4[e] relation d'incertitude, en contraste avec le respect de la conservation de l'impulsion, est ici clairement relié à l'épaisseur finie de la lame d'Univers indéfinie comprise entre $\mathcal{E}_1$ et $\mathcal{E}_2$; pour transposer une expression de M. L. de Broglie (4), on pourrait parler d'une *structure lamellaire* de l'appareil descriptif constitué par les $\mathcal{E}$.

Posant, avec Schwinger, $\mathcal{R}_{\mathcal{E}} = U_{\mathcal{E}} \mathcal{R}_1$, l'on peut remplacer l'équation (1) par

$$(6) \qquad \delta U_{\mathcal{E}} U^{-1} = \frac{2\pi i}{h} \iiiint_{\mathcal{E}}^{\mathcal{E}+\delta\mathcal{E}} \mathcal{H}\, \delta\omega = \frac{2\pi i}{h} \delta\mathcal{A},$$

l'intégrale quadruple d'une densité d'énergie propre représentant, comme on le sait, une action (5).

II. Cherchons à transposer ce qui précède aux cas de l'électron et du photon libres, et raisonnons par exemple sur l'électron. Nous poserons ici, w_0 désignant la densité d'énergie propre, proportionnelle au *premier invariant* et à la trace du tenseur de Tetrode (6),

$$(7) \qquad \mathcal{H}^{(e)} = w_0^{(e)} = -c^2 m_0 \psi^+ \gamma_0 \psi, \qquad \mathcal{H} = \mathcal{H}^{(e)};$$

intégrant alors dans l'Univers l'expression (6) pour une superposition d'ondes planes, les termes rectangles se détruisent, ce qui exprime l'absence de transitions $p_m^k \to p_n^k$. Il n'en va plus de même pour une épaisseur $\Delta\mathcal{E}$ finie, mais il faut remarquer : 1° que la signification des termes rectangles n'est que subjective, qu'elle correspond à l'incertitude sur l'énergie liée à la durée de mesure finie; 2° que la somme de ces termes est extrêmement petite, car ici, contrairement à ce qui arrivait au paragraphe I, un Δp^4 notable impliquerait au moins un Δp^u notable ($u = 1, 2, 3$), cas exclu; 3° qu'ils se détruisent lorsqu'on intègre de $-\infty$ à $+\infty$ dans le sens temporel. Si l'on néglige alors ces termes rectangles, les opérateurs w_0 ou $\delta\mathcal{A}$ sont purement multiplicatifs, et il vient

$$(8) \qquad \iiiint_1^2 w_0 \mathcal{R}\, \delta\omega = \int_1^2 \Sigma n_m\, d\mathcal{A}_m \mathcal{R} = \int_1^2 d\mathcal{A}\, \mathcal{R}, \qquad \mathcal{R} = \mathcal{R}_1 e^{\frac{2\pi i}{h}\mathcal{A}}.$$

(4) *L'Électron magnétique*, Paris, 1934, p. 304-307.

(5) *Op. cit.* (4), p. 223-224. Voici, sans commentaire, la démonstration de cette propriété en théorie relativiste des milieux à spin (O. Costa de Beauregard, *Journ. de Math.*, **22**, 1943, p. 120-136, et **25**, 1946, p. 187-207), puis des milieux électrisés :

$$-d\delta\mathcal{A} \equiv \delta p^k dx_k = \rho_0 U^i V^j \delta u_j dx_i = \rho_0 U_i V_i \delta u_j \delta x^j = -w_0 \delta\omega,$$
$$-d\delta\mathcal{A} \equiv \delta\mathfrak{Q} A^k dx_k = j^l A^k \delta u_l dx_k = j_l A^l \delta u_k dx^k = -\mathcal{H}^{(i)} \delta\omega.$$

(6) Op. cit. *Journ. de Math.*, **22**, p. 154 et suiv.

Ce résultat ne coïncide que statistiquement, dans le cas d'une répartition spatiale isotrope, avec celui de la théorie usuelle [7], qui ne jouit pas de la symétrie relativiste; cela provient de ce que le $H^{(e)}$ usuel n'est pas l'intégrale du présent $\mathcal{H}^{(e)}$, et cette remarque pourrait aider à tirer au clair les difficultés rencontrées pour une symétrisation relativiste du formalisme quantique non superquantifié.

Compte tenu de ce qui précède, on peut simultanément, dans (1), substituer (9_1) à (3_2) et (9_2) à $\mathcal{R}$, qui lui équivaut physiquement :

$$(9) \qquad \mathcal{H}' = \mathcal{H}^{(e)} + \mathcal{H}^{(p)} + \mathcal{H}^{(i)}, \qquad \mathcal{R}' = \mathcal{R}\, e^{-\frac{2\pi i}{h}(\mathfrak{A}^{(e)} + \mathfrak{A}^{(p)})}.$$

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur la transmutation des particules élémentaires.* Note de M. **Alexandre Proca**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. L'expérience montre que les diverses particules *élémentaires* sont susceptibles de se transformer les unes dans les autres. Une méthode possible d'étude de ces transformations consiste à considérer les diverses particules comme autant d'états stationnaires distincts d'un seul et même système; les transitions entre ces états constitueraient alors les transmutations cherchées.

Ces divers états seront caractérisés par des nombres quantiques de masse et de spin. Considérons d'abord le spin et cherchons l'équation d'onde d'une particule libre de masse au repos donnée m_0 et dont le spin puisse prendre toutes les valeurs permises.

2. *Espace des spins.* — Pour décrire le spin, de nouveaux opérateurs sont nécessaires, outre les $\mathbf{x}_r$ et $\mathbf{p}_r$. Nous en introduirons quatre de chaque sorte ξ_σ et η_ρ, satisfaisant à

$$(1) \qquad \eta_\rho \xi_\sigma - \xi_\sigma \eta_\rho = \frac{\varepsilon}{i} \delta_{\rho\sigma} \qquad (\varepsilon = \text{constante réelle}),$$

et commutant par hypothèse avec les $\mathbf{x}_r$ et $\mathbf{p}_r$. En un mot, nous admettrons que l'espace des spins est un espace continu, de même structure que l'espace-temps et indépendant de celui-ci.

3. *Équations fondamentales.* — A l'*approximation newtonienne*, nous définirons la particule libre par l'hamiltonien

$$(2) \qquad \mathbf{H} = -\lambda \eta_0 + \frac{1}{2 m_0 c} \sum_1^3 (\mathbf{p}_k + \lambda \eta_k)^2 + m_0 c,$$

les p_k ayant la signification habituelle $\mathbf{p}_k = (\hbar/i) . \partial/\partial x^k$ et λ étant une constante

---

[7] *Op. cit.* [2], p. 126.

réelle. L'équation d'onde *relativiste* sera

$$\left[\sum_{1}^{4}(\mathbf{p}_\rho+\lambda\eta_\rho)^2+m_0^2c^2\right]\varphi=0, \tag{3}$$

si nous supposons qu'une transformation de Lorentz appliquée aux x_k induit la même transformation dans l'espace des spins.

φ est invariante et dépend des x_k ainsi que des variables de spin. L'interaction avec un champ électromagnétique se définit à la manière habituelle.

4. *Spin.* — En vertu de (2), on aura

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{p}}_k&=0, & \dot{\mathbf{x}}_k&=\frac{1}{m_0c}(\mathbf{p}_k+\lambda\eta_k)\\ \dot{\eta}_k&=0, & \dot{\xi}_k&=\frac{1}{m_0c}\cdot\frac{\varepsilon\lambda}{\hbar}\cdot(\mathbf{p}_k+\lambda\eta_k)\end{aligned}\qquad (k=1,\,2,\,3).$$

A l'approximation newtonienne, la particule se meut donc à quantité de mouvement et à vitesse constantes, en accord avec le principe d'inertie. Sa vitesse n'a cependant pas la même direction que le moment et cet écart introduit un spin. Il existe, en effet, une intégrale première exprimant la constance du moment angulaire

$$\mathbf{x}_i\mathbf{p}_k-\mathbf{x}_k\mathbf{p}_i+\frac{\hbar}{\varepsilon}(\xi_i\eta_k-\xi_k\eta_i)=\text{const.}\qquad (i,\,k=1,\,2,\,3).$$

La particule possède donc un spin $(\hbar/\varepsilon).(\xi_i\eta_k-\xi_k\eta_i)$; les valeurs propres de sa composante dans une direction donnée sont des multiples entiers et demi-entiers de $\hbar$ de la forme $j\hbar$ où $j=0,\ \pm 1/2,\ \pm 1,\ \pm 3/2,\ \ldots$

5. *États stationnaires. Cas des spins entiers.* — Prenons pour les opérateurs ξ_σ et η_ρ

$$\eta_\rho=\frac{\varepsilon}{i}\frac{\partial}{\partial\xi_\rho},\qquad \xi_\sigma=\text{multiplication par }\xi_\sigma.$$

La fonction d'onde φ dépendra des x_ρ et des ξ_ρ. La particule décrite par l'équation (3) pourra avoir et garder un spin unique, bien déterminé, si elle se trouve dans un état propre correspondant à cette valeur de spin. L'opérateur du spin ne comprenant pas les $\mathbf{x}_k$ et $\mathbf{p}_k$, seule la dépendance de φ par rapport aux ξ_σ caractérisera le spin.

Ainsi, par exemple, si la particule se trouve dans l'état caractérisé par la fonction d'onde

$$\varphi=\psi_1\xi_1+\psi_2\xi_2+\psi_3\xi_3+\psi_4\xi_4,$$

où les ψ_ρ sont des fonctions des x_ρ seulement, elle aura le spin total 1, ce sera un *méson*. De même

$$\varphi=\psi_{\rho\sigma}\xi_\rho\xi_\sigma\quad(\text{avec } \psi_{\rho\rho}=0,\ \psi_{\rho\sigma}=\text{symétrique})$$

représentera un corpuscule de spin 2, etc.

Remarquons que φ est un invariant; donc les ψ_ρ, $\psi_{\rho\sigma}$, ..., fonctions des x_ρ, seront des tenseurs (symétriques) d'ordre 1, 2, 3, ... Le mode de description adopté fait ainsi apparaître, dans chaque cas, les composantes ψ_ρ, $\psi_{\rho\sigma}$, ..., fonctions des x_ρ par lesquelles on a l'habitude de décrire le méson, le graviton, etc. D'une façon générale, si la particule se trouve dans l'état décrit par la fonction d'onde

$$\varphi = \psi_{\rho\sigma\ldots}\,\xi_\rho\xi_\sigma\ldots,$$

$\psi_{\rho\sigma\ldots}$ étant un tenseur symétrique d'ordre j, la particule s'identifie avec un corpuscule de spin total $j(j+1)$. Au repos φ est une fonction propre du spin total M^2 et l'équation (3) est équivalente dans ce cas aux *équations de Fierz* [1].

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'application pratique de la méthode variationnelle au calcul de modèles d'atmosphères stellaires.* Note de M. **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons indiqué dans une Note antérieure [1], (Note IV), les grandes lignes d'une détermination variationnelle de la distribution des températures et du flux net monochromatique dans une atmosphère définie par sa composition chimique, son champ de pesanteur et sa température effective. Nous nous proposons maintenant de préciser les modalités d'application pratique de la méthode et de la compléter sur certains points.

D'abord, il semble que l'emploi de la pression électronique P_e, ou de la pression P_g, comme variable indépendante, à la place de la profondeur géométrique x, rende plus immédiate la résolution de l'équation de l'équilibre mécanique. Cependant pour ne pas surcharger les notations, déjà très pénibles, nous continuerons à exposer la méthode avec x.

Comme formule d'intégration numérique (5), on adoptera une formule introduisant des *points de division* là où le coefficient d'absorption subit des discontinuités. Par exemple, pour α Lyræ (hydrogène pur), on pourrait prendre, en première approximation :

$$\lambda_1 = 912_+\,\text{Å},\qquad \lambda_2 = \frac{(\lambda_1+\lambda_3)}{2},\qquad \lambda_3 = 3648_-,\qquad \lambda_4 = 3648_+,$$
$$\lambda_5 = 8208_-\,\text{Å},\qquad \lambda_6 = 8208_+,\qquad \lambda_7 = 14592,\qquad \lambda_8 = 22800,$$

et appliquer selon la tranche considérée la formule de Simpson ou celle des

---

(1) *Helvetica Physica Acta*, 12, 1939, p. 1.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1124 (Contributions de I. A. P., A. 10). Nous supposons que le lecteur dispose d'un exemplaire de cette Note, dont les formules sont numérotées de (1) à (10). Ici, nous *continuons* cette numérotation. Signalons enfin une faute d'impression : dans la définition de $w_r(x)$, il manque un indice i à ν.

Trapèzes, c'est-à-dire la formule (5) avec

$3\beta_1=3\beta_3=\Delta\nu_{12}$; $3\beta_2=4\Delta\nu_{12}$; $2\beta_4=2\beta_5=\Delta\nu_{45}$; $3\beta_6=3\beta_8=\Delta\nu_{67}$; $3\beta_7=4\Delta\nu_{67}$.

En ce qui concerne les $\varphi_p(\tau_\nu)$, il semble qu'on puisse se contenter en première approximation de $\varphi_0=1$, $\varphi_1=\tau_\nu$; en seconde approximation, on ajouterait $\varphi_2=K_2(\tau_\nu)$ et en troisième $\varphi_3=K_3(\tau_\nu)$; où K_n représente la fonction intégro-exponentielle.

Enfin, dans la Note IV, on n'a pas suffisamment tenu compte de l'hypothèse de l'équilibre thermodynamique local, d'après laquelle $J_\nu(\tau_\nu)=B_\nu(T)$. Pour combler cette lacune et présenter la méthode sous un autre de ses aspects, peut-être plus physique, nous l'exposerons à nouveau en la rattachant à celle des moindres carrés.

On peut, en général, représenter les $nN=R$ couples d'indices p, i par les R valeurs d'un indice unique r [2]. Avec $n=4$ et $N=2$, par exemple, on aurait : $A_1=A_{11}$; $A_2=A_{21}$; $A_3=A_{12}$; $A_4=A_{22}$; ... $A_8=A_{24}$.

Écrivons un système d'équations exprimant par ses Q premières équations la constance du flux, aux profondeurs $x_1, x_2, \ldots, x_Q$ et par les nQ équations suivantes, l'égalité entre J_{ν_i} et B_{ν_i}, pour chacune des fréquences ν_i et chacune des Q profondeurs $x_1, x_2, \ldots, x_Q$. Posons, pour un stade d'itération donné, caractérisé par une certaine distribution connue de T en fonction de x

$$B_{\nu_i}(T)=B_i(x),\qquad \beta_i\Phi_p(\tau_{\nu_i})=\Phi_{pi}(x),\qquad \varphi_p(\tau_{\nu_i})=\varphi_{pi}(x). \tag{11}$$

Le système en question s'écrit, au moyen de l'indice *synthétique* r (avec q variant de 1 à Q) :

$$\begin{array}{lllll}
\sum_{r=1}^{N}A_r\Phi_r(x_q)+ & \sum_{r=N+1}^{2N}A_r\Phi_r(x_q)+ & \ldots+ & \sum_{r=R-N+1}^{R}A_r\Phi_r(x_q) & =F,\\
\sum_{r=1}^{N}A_r\varphi_r(x_q)+ & 0 & +\ldots+ & 0 & =B_1(x_q),\\
0 & +\sum_{r=N+1}^{2N}A_r\varphi_r(x_q) & +\ldots+ & 0 & =B_2(x_q),\\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots,\\
0 & +\;0 & +\ldots+ & \sum_{r=R-N+1}^{R}A_r\varphi_r(x_q) & =B_n(x_q).
\end{array}$$

Formons le système des équations normales et passons de la suite discrète de niveaux à la variable *continue* x; il s'introduit des intégrales

$$D'_{sr}=\int_0^\infty[\Phi_s(x)\,\Phi_r(x)+\varphi_s(x)\,\varphi_r(x)]\,dx;\qquad E'_s=\int_0^\infty\left[\Phi_s(x)+\frac{\varphi_s(x)B_i(x)}{F}\right]dx. \tag{12}$$

[2] D'une façon générale : $A_r\equiv A_{pi}$ avec $i=$(partie entière de r/N)$+1$, $p=r-(i-1)N$.

Le système (S) cherché s'écrit ([3])

$$\sum_{r=1}^{R} D'_{sr} A_r = FE'_s \qquad (s = 1, 2, 3, \ldots, R). \tag{13}$$

Une fois obtenues, les racines $A_r \equiv A_{pi}$ de (13), le flux monochromatique $\mathcal{F}_{\nu_i}(0)$ à la surface, sera donné immédiatement, pour les fréquences étudiées, par (4). Enfin, le nouveau gradient de température, en vue de l'itération, sera donné comme dans (10), par

$$a T^4 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{p=1}^{N} A_{pi} \beta_i \varphi_{pi}(x). \tag{14}$$

On vérifie aisément que le système (13) est identique à celui qui exprime le minimum de

$$W = \int_0^\infty [\mathcal{F}(x) - F]^2 \, dx + \sum_{i=1}^{n} \int_0^\infty [J_{\nu_i}(\tau_{\nu_i}) - B_{\nu_i}(T)]^2 \, dx, \tag{19}$$

quantité essentiellement positive et qui serait identiquement nulle pour la solution exacte du problème.

ÉLECTRONIQUE. — *Lentille magnétique à axe curviligne.* Note (*) de M. **Pierre Hubert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'existence d'une lentille magnétique à axe circulaire a été démontrée pour la première fois par Nils Svartholm qui a construit d'après ce principe un spectrographe à rayons β de qualités exceptionnelles ([1]), ([2]), ([3]).

Le calcul qui est ici présenté a pour but de généraliser ce résultat et de montrer qu'il est possible de réaliser une lentille magnétique à axe curviligne avec un champ ne possédant pas la symétrie de révolution.

Soit un champ magnétique symétrique par rapport à un plan π et dans ce plan, une source ponctuelle S émettant des électrons de vitesse v_0. Soit une trajectoire T située tout entière dans ce plan (il suffit que la vitesse initiale y soit contenue). Cette trajectoire est parcourue avec une vitesse uniforme v_0,

([3]) Les intégrales (12) s'évaluent aisément au moyen d'un planimètre de précision. Le système (13) contient un très grand nombre d'inconnues (de l'ordre de 50 à 100), mais l'on sait actuellement résoudre de tels systèmes qu'on rencontre de plus en plus souvent en physique (méthodes de relaxation, machines électroniques, etc.).

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) Nils Svartholm et Kai Siegbahn, *Ark. f. Mat. Astr. o. Fys.*, B. 33 A, n° 21, 1946; B. 33 A, n° 24, 1946.

([2]) Shull et Dennison, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 681; 72, 1947, p. 256.

([3]) P. Hubert, *Journal des Recherches du C. N. R. S.*, 6, 1948, p. 132.

par un électron M_0 quittant S à l'instant $t = 0$. Pour étudier la trajectoire d'un électron M, quittant S au même instant et dont la vitesse fait initialement un petit angle avec T, nous utiliserons un trièdre de référence mobile, de sommet M_0 et d'axes :

$\vec{s}$ (tangent à T), $\vec{r}$ (situé dans π et normal à T) et $\vec{z}$ (normal à π).

Les coordonnées de M sont à chaque instant (s, r, z) et la vitesse relative est $\vec{v}_r(\dot{s}, \dot{r}, \dot{z})$.

La vitesse d'entraînement est égale à

$$\vec{v}_e = \vec{v}_0 + \Omega \wedge \overrightarrow{M_0 M},$$

les composantes de la rotation $\vec{\Omega}$ étant $(0, 0, \omega = He/m)$.

Le champ H en M_0 sera défini uniquement par sa composante $H_z(x) = H$, x étant l'abscisse curviligne de M_0 depuis S.

Pour définir, au premier ordre près, les composantes de $\vec{H}$ en M, il faut tenir compte de la symétrie et des propriétés

$$\operatorname{div}\vec{H} = 0, \qquad \operatorname{rot}\vec{H} = 0.$$

On trouve

$$H_s = z\frac{\partial H}{\partial s}, \qquad H_r = z\frac{\partial H}{\partial r} \qquad \text{et} \qquad H_z = H + r\frac{\partial H}{\partial r} + s\frac{\partial H}{\partial s},$$

ce qui montre que pour connaître les propriétés du champ au voisinage de T, il suffit de définir les deux fonctions $H_{(x)}$ et $(\partial H/\partial r)_{(x)}$, puisque $\partial H/\partial s = \partial H/\partial x$.

En utilisant les relations fondamentales

$$\vec{v}_a = \vec{v}_e + \vec{v}_r, \qquad \vec{F} = m\vec{\Gamma}_a = \vec{H} \wedge e\vec{v}_a \qquad \text{et} \qquad \vec{\Gamma}_r = \vec{\Gamma}_a - \vec{\Gamma}_e - \vec{\Gamma}_c,$$

(Γ_c accélération de Coriolis), on trouve, toujours en se limitant aux termes du premier ordre $\ddot{s} = \omega\dot{r} + \dot{\omega} r$,

$$\ddot{r} = \frac{ev_0}{m} r \frac{\partial H}{\partial r} - \omega\dot{s} \qquad \text{et} \qquad \ddot{z} = -\frac{ev_0}{m} z \frac{\partial H}{\partial r}.$$

Il en résulte que $\dot{s} = \omega r$, puisque $\dot{s} = 0$ pour $t = 0$ et donc

$$(1) \qquad \begin{cases} \ddot{r} = r\left(\dfrac{ev_0}{m}\dfrac{\partial H}{\partial r} - \omega^2 r\right) = -F_1(x)\, r, \\[2ex] \ddot{z} = z\left(-\dfrac{ev_0}{m}\dfrac{\partial H}{\partial r}\right) \qquad = -F_2(x)\, z. \end{cases}$$

Ces formules montrent que :

1. Les deux variables r et z peuvent être traitées séparément, et que sur chacune, le champ agit comme une lentille cylindrique, puisque l'accélération est proportionnelle à l'écart.

2. On peut imaginer certaines répartitions de champ telles que la distance focale soit la même suivant r et suivant z. Pour réaliser cette égalité, une fois la fonction $H_{(x)}$ (c'est-à-dire la forme de la trajectoire) établie d'une façon arbitraire, il suffit de fixer une valeur convenable pour la fonction $(\partial H/\partial r)_{(x)}$. On peut par exemple réaliser en chaque point $F_1 = F_2$, mais il est bien évident que cette solution n'est pas unique.

3. De la linéarité des équations (1), il résulte que lorsque les deux foyers sont confondus, le champ se comporte comme une véritable lentille magnétique ayant T pour axe, et susceptible de donner une image d'une source peu étendue située au voisinage de S.

4. Les formules (1) englobent tous les systèmes de focalisation par déviation magnétique, aussi bien les spectrographes à déviation de 180° que le spectrographe de Nils Svartholm qu'elles admettent comme cas particuliers.

5. On peut imaginer un système de focalisation utilisant une lentille à axe curviligne qui serait par rapport au spectrographe de Nils Svartholm ce que sont dans le domaine de l'optique électronique habituelle les spectrographes à lentille mince par rapport aux spectrographes à champ axial uniforme.

Les principaux avantages d'un tel dispositif consisteraient en une économie de poids et en une disposition plus avantageuse des points objet et image qui, placés en dehors du champ, seraient beaucoup plus facilement accessibles.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Représentation du rayonnement dans un guide atmosphérique par une suite de sources virtuelles.* Note (*) de MM. **Théo Kahan** et **G. Eckart**, présentée par M. Louis de Broglie.

On connaît l'allure des champs électromagnétiques en $1/r^3$ et en $1/\sqrt{r}$ pour r grand dans un conduit atmosphérique ([1]). Que se passe-t-il dans la zone intermédiaire entre l'émetteur et cette zone asymptotique? Pour faire ressortir le côté physique des phénomènes, il est bon de remplacer notre dipôle et son image par un émetteur placé à l'origine d'intensité double et présentant le diagramme de rayonnement de la figure 1 ([2]). On peut dès lors représenter le champ de l'émetteur en un point situé dans le guide comme une superposition du champ de l'émetteur et de celui de ses images successives par rapport à la surface frontière du conduit et par rapport au sol.

Prenons d'abord l'image de l'émetteur par rapport à la frontière, cela donne un émetteur image d'intensité C_r (C_r étant le coefficient de réflexion) situé à la hauteur $z = 2h$. Cette image est, à son tour, réflétée sur le sol, multipliée par

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 235.

([2]) *Loc. cit.*, p. 235.

le facteur (— 1); cela fournit une source ayant l'intensité — C_r. Cette source-image, de nouveau réflétée par la frontière $z = h$, fournit une source en $z = 4h$ ayant l'intensité — C_r^2; une nouvelle réflexion donne une nouvelle source-image d'intensité C_r^2 en $z = -4h$, et ainsi de suite. Le coefficient de réflexion C_r est, bien entendu, fonction de l'angle d'incidence. L'étude de la variation $C_r = f(\varphi)$ montre que pour de faibles discontinuités $\Delta\varepsilon \mid C_r \mid \doteq 1$ pour un angle inférieur à l'angle de réflexion totale α_l, puis C_r décroît très rapidement.

Cette représentation moyennant une répartition de sources virtuelles est valable jusqu'à une distance telle que le rayon électromagnétique issu de la première image virtuelle fasse un angle φ avec l'horizontal au moins égal à l'angle de réflexion totale α_l. Aux distances plus grandes correspondant à des angles φ inférieurs à α_l, la représentation par sources virtuelles perd sa validité. Ceci est physiquement clair : aux plus grandes distances c'est la loi en $1/r^3$ ou en $1/\sqrt{r}$ qui l'emporte, en sorte que la loi en $1/r$ que présuppose l'ensemble des sources virtuelles, tombe en défaut.

En outre, plus la longueur d'onde est courte et plus le diagramme de rayonnement s'aplatit, car les lobes vont s'amenuisant. Quand la fréquence croît, le conduit absorbe de plus en plus de lobes.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'expression du Principe de Huyghens pour les ondes électromagnétiques*. Note (*) de MM. **François Croze** et **Pierre Boillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente écrite par l'un de nous en collaboration avec Émile Durand ([1]), il a été établi que l'application de formules, équivalentes à celles de Kottler, introduites par Louis de Broglie redonne les formules données par Love, Larmor et Bromwich pour exprimer le Principe de Huyghens dans le cas des ondes électromagnétiques polarisées rectilignement. Nous nous proposons dans cette Note de montrer que ces dernières formules se déduisent immédiatement des expressions *classiques* des champs engendrés par les doublets électriques et magnétiques.

Soit en effet S l'une des positions d'une onde électromagnétique polarisée rectilignement et soit $d\sigma$ l'un des éléments de cette onde. Prenons le centre M de cet élément pour origine d'un système d'axes rectangulaires $Mx_1x_2x_3$, l'axe Mx_3 étant dirigé suivant la direction de la propagation de l'onde, les axes Mx_1 et Mx_2 étant dirigés respectivement suivant les directions des champs électrique et magnétique propagés par l'onde.

Soit $f(ct)$ la grandeur commune de ces deux champs sur l'élément d'onde en

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) F. Croze et E. Durand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 236.

question. Avec Larmor ([2]) nous considérerons cet élément comme une source secondaire composée d'un doublet électrique de puissance $-[f(ct)/4\pi q]$ dirigé suivant l'axe Mx_1, et d'un doublet magnétique de puissance $+[f(ct)/4\pi q]$ dirigé suivant l'axe Mx_2, q étant l'opérateur $(1/c)(\partial/\partial t)$.

Or si l'on considère un point P à la distance $r = \overrightarrow{MP}$ du centre M de l'élément $d\sigma_1$ et si l'on désigne par θ_1 l'angle de la direction MP avec l'axe Mx_1 du doublet électrique, par φ_1 l'angle du plan x_1MP avec le plan x_1Mx_2, les composantes suivant les r, les θ_1 et les φ_1 croissants du champ électrique $d\overrightarrow{E'} = \vec{e}'d\sigma$ envoyé au point P par le doublet électrique situé en M sont données par des formules classiques depuis Hertz ([3]). Si l'on utilise encore l'opérateur $q = (1/c)\partial/\partial t$, qui est égal à ik quand il s'agit d'ondes monochromatiques de fréquence $kc/2\pi$, ces formules peuvent s'écrire

$$(1)\quad \begin{cases} 4\pi q\, e'_r = -2r^{-3}\cos\theta_1(1+qr)f(ct-r), \\ 4\pi q\, e'_{\theta_1} = -r^{-3}\sin\theta_1(1+qr+q^2r^2)f(ct-r), \\ 4\pi q\, e'_{\varphi} = 0, \end{cases}$$

Si d'autre part, on désigne par θ_2 l'angle de la direction $\overrightarrow{MP}$ avec l'axe Mx_2 du doublet magnétique, par φ_2 l'angle du plan x_2MP avec le plan x_1Mx_2, les composantes suivant les r, les θ_2 et les φ_2 croissants du champ électrique $d\overrightarrow{E''} = \vec{e}''d\sigma$ envoyé au point P par le doublet magnétique sont données par des formules classiques ([4]) que l'on peut écrire sous la forme suivante :

$$(2)\quad \begin{cases} 4\pi q e''_r = 0, \\ 4\pi q e''_{\theta_2} = 0, \\ 4\pi q e''_{\varphi_2} = -r^{-3}\sin\theta_2\, qr(1+qr)f(ct-r). \end{cases}$$

Il reste maintenant à évaluer le champ envoyé au point P par l'ensemble des deux doublets considérés ci-dessus. A cet effet on peut projeter les composantes des champs $\vec{e}'$ et $\vec{e}''$ sur les axes $Mx_1x_2x_3$. On retrouverait ainsi les expressions classiques, en coordonnées cartésiennes rectangulaires, des champs engendrés par les doublets électriques et magnétiques. En ajoutant les composantes ainsi obtenues pour les champs $\vec{e}'$ et $\vec{e}''$ sur chacun des axes, on retrouverait les formules de Bromwich pour les coordonnées cartésiennes rectangulaires.

Il est possible toutefois d'obtenir tout de suite les formules de Bromwich pour les coordonnées sphériques, d'emploi souvent plus commode, en repérant la position du point P au moyen de l'angle θ de la direction MP avec l'axe Mx_3

([2]) J. LARMOR, *Proc. Math. Soc.*, London (2), **1**, 1903, p. 1 ; **19**, 1921, p. 169.

([3]) *Ann. der Phys.*, **36**, 1889, p. 1 ; *Cf.* G. H. LIVENS, *The Theory of Electricity*, 2e édit., Cambridge, 1926, p. 294.

([4]) G. H. FITZGERALD, *Scientific Writings*, Dublin, 1902, p. 122, 267.

et de l'angle φ du plan x_3MP avec le plan x_3Mx_1. On cherchera alors à déterminer les composantes des champs $\vec{e}'$ et $\vec{e}''$ suivant les r, les θ et les φ croissants. En fait, on aura seulement à projeter les composantes e'_0, et e''_φ, sur les directions des θ et des φ croissants, en évaluant les cosinus directeurs des nouveaux axes par rapport aux anciens au moyen des angles θ et φ. On trouvera ainsi

$$(3)\quad \begin{cases} 4\pi q e'_\theta = \quad r^{-3}\cos\varphi(1+qr+q^2r^2)\cos\theta f(ct-r), \\ 4\pi q e'_\varphi = -r^{-3}\sin\varphi(1+qr+q^2r^2)\qquad f(ct-r), \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{cases} 4\pi q e''_\theta = \quad r^{-3}\cos\varphi \qquad qr(1+qr)f(ct-r), \\ 4\pi q e''_\varphi = -r^{-3}\sin\varphi\cos\theta qr(1+qr)f(ct-r). \end{cases}$$

Il suffit maintenant de faire les sommes

$$4\pi q(e'_r+e''_r)\quad 4\pi q(e'_\theta+e''_\theta)\quad 4\pi q(e'_\varphi+e''_\varphi)$$

pour retrouver les formules de Bromwich rapportées aux coordonnées sphériques du point P. En ne gardant dans ces formules que les termes en $1/r$, on retrouve les formules obtenues par Larmor.

Il va sans dire que la divergence du vecteur électrique donnée par ces formules est nulle. On peut d'ailleurs le vérifier aisément. Sur les formules complètes on trouve qu'elle est nulle rigoureusement; sur celles où l'on a gardé seulement les termes en $1/r$, on trouve qu'elle est toujours au plus de l'ordre des termes qu'on néglige.

Il est clair également que l'on n'obtiendrait pas une solution satisfaisante si l'on faisait intervenir seulement une seule sorte de doublets, les doublets magnétiques par exemple. Dans ces conditions, en effet, les ondes secondaires émanées de l'ensemble des éléments de la surface d'onde S auraient une résultante non nulle en arrière de cette onde, c'est-à-dire dans le sens opposé à celui de la propagation.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres Raman des acétophénones substituées sur le groupe méthyle.* Note (*) de M. CLAUDE CHERRIER, présentée par M. Jean Cabannes.

Poursuivant une étude physico-chimique des acétophénones substituées sur le groupe méthyl [1] nous avons photographié les spectres de diffusion Raman de ces cétones et avons obtenu les résultats suivants :

1° *Acétophénone* : 164 (7); 204 (1/4); 369 (3); 408 (1/4); 467 (1/4); 559 (0); 587 (3); 616 (6); 693 (1/4); 731 (8); 761 (1); 806 (0); 847 (1/2); 925 (0); 954 (2); 990 (1/2); 999 (14); 1023 (5); 1075 (5); 1159 (3); 1180 (2); 1218; 1266 (8); 1305 (1/2); 1314 (1/4);

(*) Séance du 20 décembre 1948.

[1] CLAUDE CHERRIER, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1016; 225, 1947, p. 1306 (dans cette Note *lire* dans la formule $\Delta\varepsilon/c$ et $\Delta n/c$ au lieu de $\Delta\varepsilon/6$ et $\Delta n/6$; 226, 1948, p. 797; et une Note sous presse sur une étude de la réfraction en fonction de la température.

1358 (0); 1398 (0); 1419 (1/4); 1430 (1/2); 1451 (2); 1491 (2); 1586 (1); 1599 (15); 1683 (10); 2928 (3); 2984 (1); 3010 (2); 3070 (5).

2° *Porpiophénone :* 163 (6); 210 (1); 233 (0); 339 (2); 617 (6); 732 (0); 748 (4); 926 (0); 950 (1/2); 1000 (10); 1027 (3); 1083 (2); 1160 (3); 1183 (1); 1221 (8); 1302 (1/2); 1418 (1/2); 1450 (1/2); 1462 (1/4); 1490 (1); 1601 (15); 1684 (10); 2907 (2); 2951 (2); 2977 (0); 3012 (1); 3071 (4).

3° *Éthylacétophénone :* 169 (5); 301 (1/2); 402 (1/4); 477 (1/4); 493 (0); 513 (0); 559 (0); 567 (0); 608 (6); 655 (0); 692 (0); 723 (1); 753 (1/4); 788 (1); 819 (1/2); 845 (1/4); 867 (1/4); 893 (3/4); 999 (15); 1026 (7); 1072 (0); 1107 (5); 1159 (6); 1182 (3); 1217 (6); 1277 (0); 1298 (0); 1318 (1/4); 1343 (0); 1361 (0); 1384 (0); 1415 (1); 1452 (2); 1494 (1); 1538 (1/2); 1582 (1); 1599 (14); 1683.5 (10); 2938 (1); 2974 (0); 3006 (1); 3027 (1); 3073 (4).

4° *Diméthylacétophénone :* 155 (6); 257 (1/2); 273 (1/4); 303 (3/4); 403 (1); 613 (4); 661 (0); 683 (1/4); 705 (1/2); 730 (4); 771 (0); 790 (2); 798 (0); 844 (1/4); 867 (1); 922 (1/4); 941 (0); 977 (3); 1000 (10); 1027 (3); 1069 (3/4); 1103 (2); 1160 (7); 1184 (3/4); 1225 (6); 1244 (1/4); 1285 (1/2); 1317 (1/4); 1350 (3/4); 1386 (1/4); 1414 (1/4); 1449 (2); 1493 (1); 1544 (1/4); 1580 (1); 1599 (14); 1681 (10); 2846 (1); 2878 (m); 2908 (m); 2948 (m); 2983 (m); 3076 (F).

5° *Triméthylacétophénone :* 170 (5); 216 (1/2); 264 (1); 303 (1); 375 (1); 411 (1); 593 (4); 619 (6); 686 (6); 734 (1/4); 771 (0); 798 (0); 818 (2); 850 (1/2); 940 (3); 961 (3); 1001 (8); 1029 (6); 1106 (1/4); 1138 (0); 1162 (5); 1183 (6); 1224 (2); 1281 (1); 1291 (1); 1379 (0); 1408 (1/4); 1418 (1/4); 1454 (2); 1471 (2); 1502 (1/2); 1524 (1/4); 1548 (1/4); 1600 (15); 1678 (10); 2887 (m); 2900 (m); 2910 (m); 2937 (m); 2982 (m); 3075 (F).

6° *Ethylallylacétophénone :* 145 (0); 164 (1); 192 (0); 273 (1/4); 405 (1); 613 (5); 658 (1/4); 700 (1/4); 744 (1/4); 786 (1/4); 812 (1/2); 841 (1/2); 917 (1/4); 941 (1/4); 998 (8); 1 025 (4); 1 143 (1/4); 1 159 (2); 1 181 (1); 1 206 (2); 1 225 (1); 1 255 (1/2); 1 297 (1); 1 331 (0); 1 381 (1/2); 1 420 (1/2); 1 447 (1/2); 1 457 (1/2); 1 492 (1/4); 1 597 (14); 1 640 (4); 1 679 (8); 2 990 (m); 3 010 (m); 3 076 (F).

7° *Diméthylallylacétophénone :* 170; 253 (1/4); 276 (1/4); 318 (0); 362 (1/4); 402 (1/2); 434 (1/4); 470 (1/4); 518 (0); 544 (0); 573 (1); 615 (3); 693 (1); 719 (0); 790 (1); 841 (1/4); 880 (1/4); 913 (1/4); 938.5 (0); 1 000 (6); 1 031 (3); 1 160 (2); 1 220 (3/4); 1 294 (3); 1 388 (1/4); 1 418 (2); 1 448 (1); 1 466 (1); 1 494 (1/4); 1 600 (10); 1642 (3); 1675 (7); 2 949 (m); 2 992 (m); 3 014 (m); 3 079 (FF).

8° *Ethyldiallylacétophénone :* 170; 362 (1); 401 (1); 443 (0); 478.5 (0); 542 (0); 564 (1/4); 578 (5); 646 (1/4); 664 (1/4); 704 (1); 731 (1/4); 773 (1/2); 804 (1/2); 846 (1)2); 873 (1/4); 919 (1/2); 973 (1/4); 999 (10); 1 032 (4); 1 131 (0); 1 164 (4); 1 186 (1); 1 217 (2); 1 251 (2); 1 300 (3); 1 421 (4); 1 447 (1/4); 1 464 (1/4); 1 494 (1/4); 1 544 (0); 1 581 (1/4); 1 600 (13); 1 645 (10); 1 674 (8); 2 932 (m); 2 961 (m); 2 992 (m); 3 017 (aF); 3 074 (F); 3 086 (F).

9° *Méthyléthylallylacétophénone :* 170; 365 (0); 402 (1/2); 562 (0); 583 (1/4); 616 (7); 683 (0); 699 (1/4); 789 (1/4); 845 (1/4); 921 (1/4); 944 (1/4); 968 (1/4); 1 001 (11); 1 030 (4); 1 162 (3); 1 185 (2); 1 211 (2); 1 242 (0); 1 302 (2); 1 340 (0); 1 391 (0); 1 420 (3); 1 450 (2); 1 492 (3/4); 1 544 (1/4); 1 582 (1/4); 1 600 (16); 1 645 (8); 1 677 (8); 2 895 (m); 2 910 (m); 2 952 (m); 2988 (m); 3 013 (aF); 3 075 (F).

10° *Monoallylacétophénone :* 171 (1); 272 (0); 540 (1/4); 567 (3); 613 (3); 998 (5); 1 024 (2); 1 056 (1/2); 1 157 (1); 1 182 (2); 1 209 (1); 1 272 (1/4); 1 293 (2); 1 302 (1); 1 312 (1/4); 1 347 (1/4); 1 416 (1); 1 442 (1); 1 490 (1/4); 1 525 (0); 1 576 (0); 1 600 (6); 1 640 (3); 1 682 (4); 2 789 (m); 2 870 (m); 2 910 (m); 3 004 (aF); 3 070 (F).

Nous apporterons une contribution aux modes de vibration de ces cétones dans une prochaine Note après avoir donné les positions des principales bandes d'absorption dans l'infrarouge de ces substances. Au sujet de la fréquence caractéristique de la liaison cétonique (vibration de tension), nous constatons que plus nous chargeons l'atome de carbone situé en α du $C=O$, plus la fréquence diminue (1883 pour l'acétophénone et 1674 pour l'éthyldiallylacétophénone). Nous retrouvons ici le même résultat que pour les cétones aliphatiques ([2]). La longueur de la chaîne importe peu, mais ce qui intervient c'est le nombre de chaînes substituées sur l'atome de carbone en α du $C=O$. Nous pouvons rapprocher cette constatation du fait que plus nous chargeons l'atome de carbone situé en α du CO, plus le caractère semi-ionique de la liaison $C=O$ diminue, ce qui s'explique par l'effet d'hyperconjugaison ([2]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le calcul théorique de la variation de période du* Be^7 *en fonction du degré d'ionisation de l'atome.* Note de Mme **Pierrette Benoist**, présentée par M. Louis de Broglie.

Plusieurs auteurs ([1]) ont étudié la possibilité de mettre en évidence une variation de la période de désintégration par capture d'électrons orbitaux du Be^7 sous l'influence d'une ionisation chimique.

Dans le cas du Be^7 la variation relative de période lors d'une transition permise donnée par la théorie de Fermi peut être remplacée par la formule approchée

$$\frac{\tau'-\tau}{\tau}=\frac{R_K^2(0)+R_{L_1}^2(0)-R_K'^2(0)}{R_K'^2(0)}, \tag{1}$$

où $R_K^2(0)$, $R_{L_1}^2(0)$ et $R_K'^2(0)$ sont proportionnels respectivement à la probabilité de présence d'un électron K et L_1 de l'atome neutre de Be^7 et d'un électron K de l'atome de Be^{++} au centre du noyau.

Cette formule est obtenue en supposant la comparaison idéale d'un atome neutre où les deux électrons L sont dans l'état s et d'un atome doublement ionisé. En réalité on admet que dans le Be métal les électrons L sont dans un mélange d'état s et d'état p; de plus à l'état de fluorure le Be n'est que partiellement ionisé. La formule (1) correspond donc à une limite supérieure du rapport $(\tau'-\tau)/\tau$.

Les premiers calculs théoriques effectués ([1]) et ([2]) utilisaient pour $R(0)$ la partie radiale des fonctions hydrogénoïdes de Schrödinger où l'on introduisait,

---

([2]) Jean Barriol et Claude Cherrier, *Comptes rendus* 226, 1948, p. 1979.

([1]) R. Bouchez, R. Daudel, P. Daudel et R. Muxart, *Journ. de Phys.*, 11, 1947, p. 337; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 525.

([2]) P. Benoist, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 243.

pour tenir compte de l'interaction entre les électrons, un Z_{eff} obtenu avec les constantes d'écrans de Slater ([3]). Les règles semi-empiriques de Slater conduisent d'une façon simple au calcul du Z_{eff} mais ne représentent pour chaque état une approximation suffisamment bonne que dans la région où la densité électronique correspondante est la plus grande. Elles introduisent un effet d'écran trop important dans le calcul de $R(r)$ au centre du noyau. D'autre part elles négligent l'action sur un électron donné des électrons plus extérieurs. Le départ des électrons L_I ne modifie donc pas avec cette théorie la probabilité de présence des électrons K dans le noyau : $R_K'^2(o) = R_K^2(o)$.

Nous nous sommes proposé de calculer le rapport $(\tau'-\tau)/\tau$ en utilisant, pour évaluer la densité ([3]) électronique, la théorie moins maniable mais beaucoup plus exacte du champ self consistent de Hartree ([4]) (dans les deux cas où l'on néglige l'interaction d'échange entre les électrons et où l'on en tient compte).

Le tableau suivant permet alors la comparaison des différentes théories :

	Fonctions hydrogénoïdes Z_{eff} de Slater.	Théorie de Hartree sans échange.	Théorie de Hartree avec échange.
$R_K^2(o)$	202,61	213,33	214,60
$R_{L_I}^2(o)$	3,71	8,51	7,18
$R_K'^2(o)$	202,61	215,98	215,98
$\frac{\tau'-\tau}{\tau}$ (%)	1,8	2,7	2,6

1° l'amélioration apportée par la théorie du champ self consistent est importante surtout pour les électrons L_I et conduit par suite à un rapport $(\tau'-\tau)/\tau$ plus élevé que la théorie de Slater;

2° les résultats de Hartree $[R_K^2(o) < R_K'^2(o)]$ mettent en évidence un deuxième effet de l'ionisation sur la période de Be^7 : l'augmentation de la probabilité de présence des électrons K dans le noyau après ionisation qui vient compenser dans une faible mesure la diminution de la densité électronique totale au centre du noyau provoquée par le départ des électrons L_I.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la possibilité d'un mode de désintégration par capture* K *du nuclide* $^{198}_{79}Au$. Note (*) de M. **Gérard-André Renard**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans un travail précédent ([1]) nous avions trouvé un coefficient de conversion interne de : (5 ± 2) %, d'un γ provenant de la désintégration β^- de ^{198}Au;

([3]) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57.

([4]) *Proc. Roy. Soc.*, 149, 1935, p. 210; Hartree, *Proc. Roy. Soc.*, 150, 1935, p. 9.

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) G.-A. Renard, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1269-1271.

ce γ appartenant à un niveau excité du Hg., on doit observer la raie K de fluorescence du Hg, ainsi que la raie électronique Auger; si, d'autre part, le nuclide ^{198}Au se désintègre par capture K, comme il a été suggéré (2) (3), nous observerons la raie K de fluorescence du Pt, ainsi que la raie électronique Auger correspondante. Nous avions observé (1) l'une ou les raies Auger dans la courbe d'absorption du rayonnement électronique de ^{198}Au, sans qu'il soit possible de préciser son ou leur origine. Nous avons étudié ce rayonnement Auger à l'aide d'un compteur proportionnel.

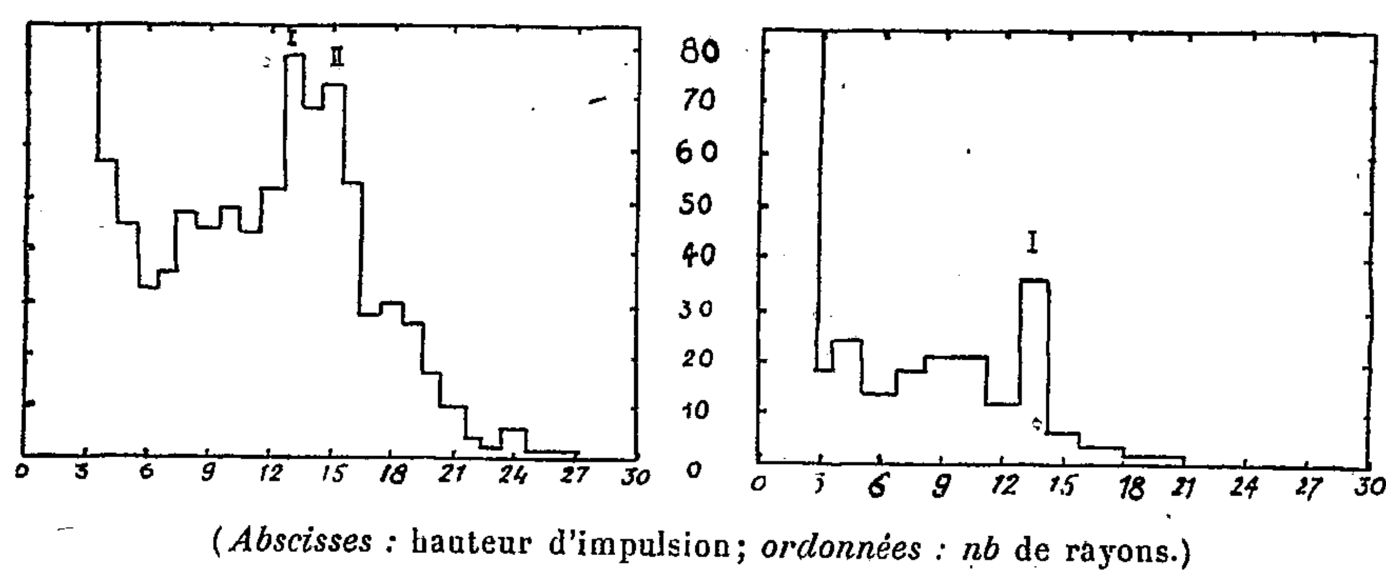
Le principe de cette technique de mesure (4) (5) est d'utiliser un compteur proportionnel relié à un amplificateur à gain élevé; le compteur fonctionne dans une région où le facteur de multiplication est suffisant pour que l'ionisation produite par un électron donne une impulsion décelable à la sortie de l'amplificateur; d'autre part, les dimensions du compteur sont telles que le parcours des électrons que l'on désire étudier est tout entier dans le compteur. Pour ces électrons la hauteur de l'impulsion sera une fonction croissante de l'énergie.

Nous avons utilisé un compteur constitué par une coque en duraluminium de 90^{cm} de long et de $18^{cm},5$ de diamètre intérieur, le fil est une tige de laiton de 2^{mm} de diamètre et de 50^{cm} de longueur utile, sur laquelle sont déposés : 1° l'or radioactif de période 66 heures; 2° du ^{107}Cd de période 6-7 heures donnant du $^{107}Ag^*$; la transition, en équilibre de régime, de $^{107}Ag^*$ donnant une raie de 93 keV qui sert à l'étalonnage. Le compteur est rempli d'argon pur à 2 % à une pression de $1^{atm},25$, une tension négative de 2500 V est appliquée à sa coque donnant ainsi un facteur de multiplication de l'ordre de 10^3; le fil est relié à la grille d'un préamplificateur (lampe gland 954), puis à un amplificateur à neutrons, légèrement modifié, du Commissariat à l'Énergie Atomique. L'enregistrement a été effectué : soit photographiquement, avec un oscillateur mécanique à spot lumineux, soit par l'intermédiaire d'un discriminateur et d'une échelle de 100.

Les mesures ont été effectuées le plus tôt possible après les irradiations [statistique (*fig. a*) rayonnement dû à l'or et à l'argent] et également plusieurs jours après [statistique (*fig. b*), rayonnement dû à l'or seul]. Le pic I décroît de *a* à *b* avec la période de l'or, il est donc dû à la désintégration de ce nuclide. Le pic II*a* ne se retrouve pas sur la statistique *b*, il est donc dû à la transition de l'argent, dont l'activité est devenue complètement négligeable dans la statistique *b*. Dans la bande d'énergie où sont compris ces pics, l'ionisation est sensiblement proportionnelle à l'énergie, l'énergie de la raie γ de l'Ag

(2) G. J. SIZOO et C. EYKMAN, *Physica*, 6, 1939, p. 332.
(3) S. JNANÂNANDA, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 812.
(4) S. C. CURRAN, J. ANGUS et A. L. COCKCROFT, *Nature*, 162, 1948, p. 302.
(5) D. H. W. KIRKWOOD, P. PONTECORVO et G. C. HANNA, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 497.

étant 93 keV, celles des niveaux K du Hg et du Pt respectivement 82 et 78 keV, dans le cas d'une capture K de l'ordre de quelques %, la statistique devrait montrer deux pics ou tout au moins un élargissement notable du pic I.



(*Abscisses :* hauteur d'impulsion; *ordonnées :* *nb* de rayons.)

Fig. *a*. Fig. *b*.

Toutefois dans cette méthode, la mesure des intensités relatives des raies nécessite une amélioration de la stabilité du compteur et de l'enregistrement. Dès que cette mise au point technique sera faite, on peut espérer faire des mesures précises de spectrographie β dans la région des basses énergies, tout en employant des sources d'intensité très faible, ce qui ajoute encore à l'intérêt de la méthode.

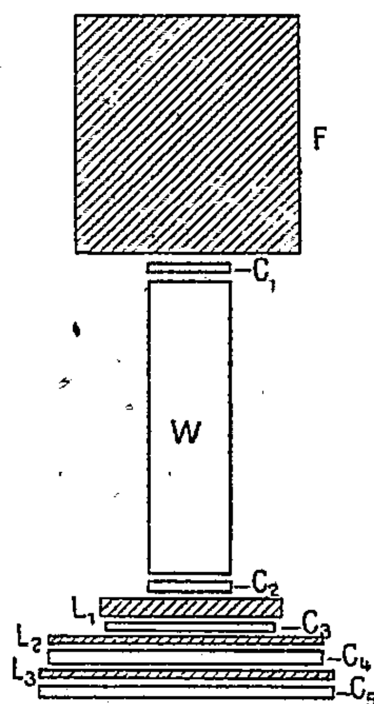
RAYONS COSMIQUES. — *Sur les mésons* π *et* μ *dans la composante pénétrante du rayonnement cosmique.* Note (*) de MM. **Charles Peyrou** et **André Lagarrigue**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons décrit dans deux Notes précédentes (¹) une expérience destinée à mesurer les masses des mésons du rayonnement cosmique : cette expérience a été reprise avec un appareillage amélioré. La figure montre le schéma de l'appareil : W. Wilson, F filtre de plomb, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 groupes de compteurs, L_1, L_2, L_3 plaques de plomb $L_1 = 5^{cm}$, $L_2 = L_3 = 1^{cm},5$. La chambre était déclenchée par les coïncidences C_1, C_2, C_3. Toutes les particules enregistrées avaient donc traversé L_1. Deux autres sélecteurs allumant des lampes témoins enregistraient les coïncidences C_1, C_2, C_3, C_4 et C_1, C_2, C_3, C_5.

Si l'on avait coïncidence (1, 2, 3) sans avoir ni (1, 2, 3, 4) ni (1, 2, 3, 5), la particule s'arrête dans L_2, son parcours est donc compris entre 5 et $6^{cm},5$ de plomb; si l'on a coïncidence (1, 2, 3) et (1, 2, 3, 4) sans avoir (1, 2, 3, 5), la particule s'arrête dans L_3, parcours compris entre $6^{cm},5$ et 8^{cm} de plomb. Le parcours de la particule étant ainsi déterminé à $1^{cm},5$ près, la mesure de

(*) Séance du 3 janvier 1949.

l'impulsion par la courbure magnétique dans la chambre de Wilson fournit la masse. Si l'on a coïncidence (1, 2, 3) (1, 2, 3, 4) (1, 2, 3, 5), la particule traverse tout et il n'y a pas de mesure possible.



Dans l'expérience effectuée l'année dernière, on n'avait qu'une seule détermination du parcours dans une plaque de 4^cm d'épaisseur. Les résultats (déjà publiés) (1) peuvent se résumer ainsi :

1° Si l'on place au-dessus de la chambre un filtre de plomb de 72^cm on constate la présence dans la composante pénétrante de deux particules de masses différentes (210 et 300 fois la masse de l'électron). Nous avions identifié la particule de masse 300 au méson π de Lattès, Occhialini et Powell (2) et la particule 210 au méson μ [cette identification semble correcte, puisque des résultats récents obtenus au cyclotron de Berkeley donnent 286 pour le méson π et 215 pour le méson μ (3)].

2° Si l'épaisseur du filtre au-dessus de la chambre est ramenée à 24^cm de plomb, la proportion des mésons π par rapport aux mésons μ diminue de manière significative.

Ce deuxième point est important : en effet, pour un parcours donné, les impulsions correspondantes d'un méson π et d'un méson μ sont très voisines. On peut alors se demander si l'interprétation des résultats comme dus à deux particules de masses différentes n'est pas la conséquence d'une sous-estimation des erreurs de l'appareil. Mais le filtre placé au-dessus n'agit que sur le rayonnement et n'a aucune influence sur la précision de l'appareil de mesure des masses constitué par le Wilson et l'ensemble de compteurs et de plaques

(1) M. Lhéritier, C. Peyrou et A. Lagarrigue, *Compte rendus*, 225, 1947, p. 1304-1306 et C. Peyrou, M. Lhéritier et A. Lagarrigue, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1271-1273.

(2) C. M. Lattès, B. P. S. Occhialini et C. F. Powell, *Nature*, 160, 1947, p. 453.

(3) Communication privée de MM. Lattès et Gardner.

placés au-dessous. Donc, si les mésons π observés n'étaient qu'une apparence due aux erreurs, leur proportion devrait rester constante. L'influence de l'épaisseur du filtre de plomb est une preuve de la présence réelle des mésons π.

Dans l'expérience exécutée cette année nous avons donc cherché à confirmer avec certitude cette influence du filtre de plomb. Les expériences effectuées à l'Argentière-La-Bessée à 1000^{m} d'altitude ont duré six mois. Les résultats que nous publions sont relatifs à 9000 rayons photographiés, 4500 avec 72^{cm} pour le filtre, 4500 avec 24^{cm}.

Sur 9000 rayons, 80 ont été arrêtés dans les plaques et ont pu donner lieu à une mesure de masse. Le tableau donne n_π, nombre des mésons arrêtés et identifiés comme π; n_t, nombre total des mésons enregistrés dans le domaine d'impulsion où se fait la mesure des mésons π. n_π/n_t est donc la proportion de mésons π dans un domaine étroit du spectre de la composante pénétrante.

TABLEAU I.

	n_π.	n_t.	$\frac{n_\pi}{n_t}$ (%).
Filtre 72^{cm} de plomb....	21	63	33
» 24^{cm} »	12	68	17,5

L'action de l'épaisseur du filtre sur le rapport n_π/n_t est très nette. Si l'on ajoute à ces chiffres ceux obtenus l'année dernière, on a, sous 72^{cm} de plomb :

$$\frac{n_\pi}{n_t} = 38\,\% \quad \text{pour } n_t = 87, \qquad \text{et sous } 24^{cm} \text{ de Pb } \frac{n_\pi}{n_t} = 20\,\% \quad \text{pour } n_t = 81.$$

On peut, à l'aide de ces chiffres, évaluer par le calcul des probabilités la chance pour qu'une telle différence soit due au hasard et non à un phénomène réel. Cette chance est inférieure à 3/1000. La présence des mésons π à 1000^{m} d'altitude sous 72^{cm} de plomb est donc quasi certaine.

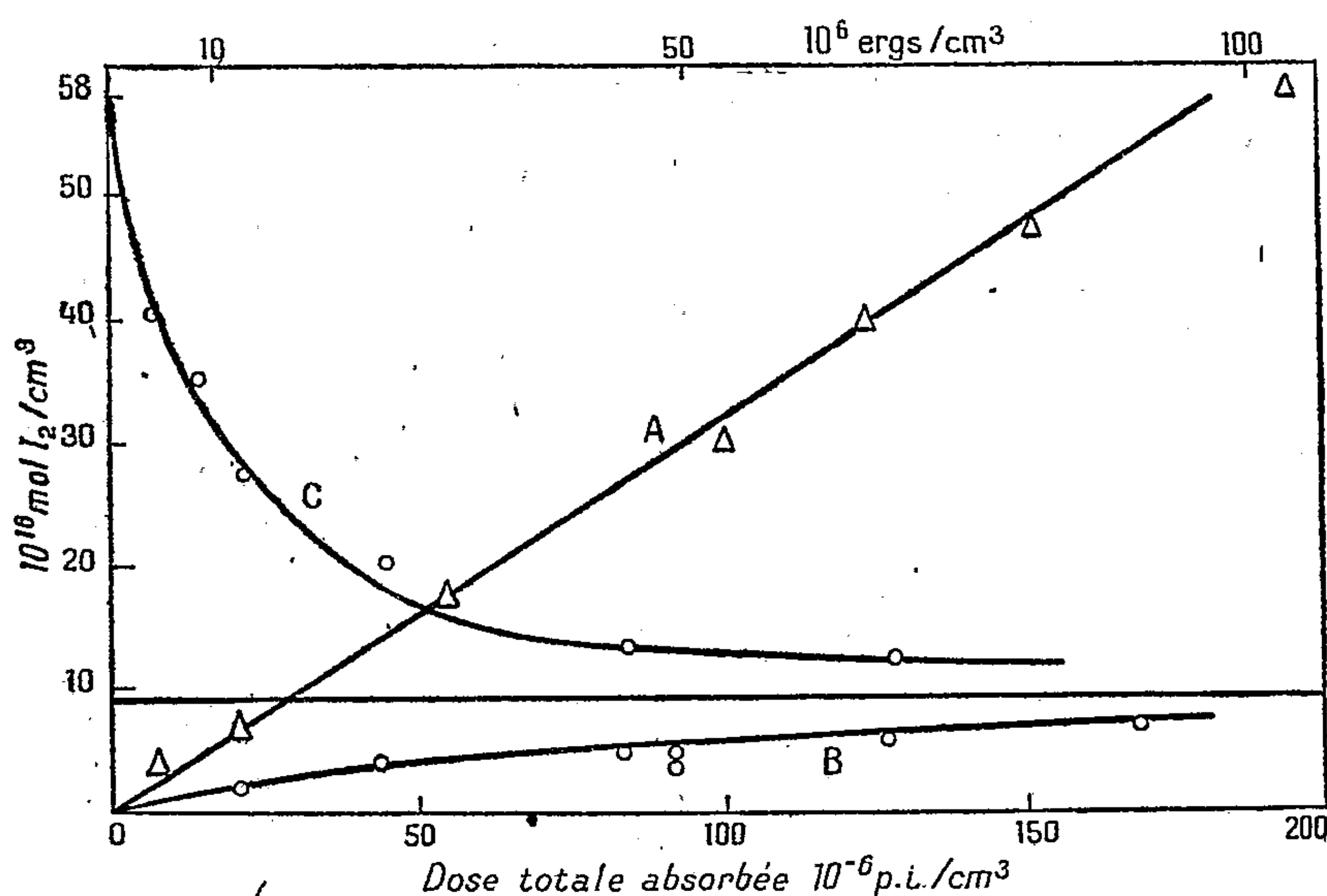
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les actions oxydantes et réductrices des rayonnements α et X.* Note (*) de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Marc Lefort**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les théories récentes sur les actions chimiques provoquées par les radiations, qui impliquent la formation des radicaux libres par le solvant, semblent interpréter d'une façon satisfaisante l'ensemble des données expérimentales connues. Le nombre de celles-ci est cependant trop restreint, pour pouvoir préciser le mécanisme exact de l'intervention des radicaux et le rôle des divers facteurs. Ceci a conduit parfois à certaines généralisations et anticipations mal étayées par l'expérience et que celle-ci doit vérifier. Nous avons entrepris dans

(*) Séance du 3 janvier 1949.

ce but une étude systématique des réactions d'oxydation et de réduction en essayant de déterminer le rôle de la nature du rayonnement, l'influence de la dose totale absorbée, du pH et de la température des solutions, de l'oxygène, de la concentration, de la nature du solvant, etc. Le rôle des deux derniers facteurs, de même que la cinétique des processus et la technique des opérations et mesures, feront l'objet des Notes ultérieures (1).

Iodure-iode. — Toutes nos expériences ont été réalisées, sauf indication contraire, avec des solutions aqueuses M/1000, neutres (pH 5,6 pour KI; 4,8 pour I_2). Contrairement à l'affirmation de divers auteurs basée sur une généralisation non justifiée des expériences de Fricke et conformément aux résultats de Kailan (2) et de Clark et Pickett (3), de Laninng et Lind (4), l'irradiation de KI conduit à la formation d'iode moléculaire. Avec les rayons α (radon), l'oxydation croît linéairement avec la dose absorbée et devient totale pour 108.10^6 erg/cm³ (courbe A de la figure). Avec les rayons X, par contre,



on atteint un équilibre, lequel en l'absence d'oxygène et en solution de H_2SO_4 N/100 (pH 2,2) est de 25 % de KI oxydé (courbe B). Le même équilibre est atteint, lorsqu'on soumet, dans les conditions indiquées, une solution d'iode, à l'action des rayons X (courbe C), tandis qu'on n'observe aucune réduction avec les rayons α.

Les courbes de la figure montrent encore que le rendement initial de

(1) Bonnét-Maury et Lefort, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1363.

(2) *Wien. Ber.*, 122, 1913, p. 787.

(3) *J. amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 465.

(4) *J. Phys. Chem.*, 42, 1938, p. 1229.

l'oxydation (molécules/paires d'ions) est environ 2 fois supérieur avec les α. En passant du pH 5,6 à 2,2 ce rendement augmente 6 fois pour les α et de 3 à 4 fois pour les X. Le pH ne semble pas jouer un rôle essentiel dans la réduction.

Nous pouvons confirmer les observations de Fricke et Hart (5) et de Allen (6), suivant lesquelles la présence d'ions I^- favorise la formation de H_2O_2 sous l'action des rayons X relativement à l'eau pure. Nous avons observé le même effet avec les rayons α, pour lesquels nous avons noté une augmentation de 10 % environ (entre 40 et 200.10^{16} paires d'ions/cm^3). Par contre, la formation de H_2O_2 diminue lors de la réduction de I_2.

Avec KI M/1000 le rendement de l'oxydation par α à —190° est environ cinq fois inférieur à celui qu'on mesure à 18°. Il augmente avec la concentration et pour une solution IM il est pratiquement le même qu'à la température ordinaire. L'effet est analogue avec les X.

Iodate. — Nous avons observé, d'autre part, que KIO_3 M/1000, en solution neutre, et en l'absence d'oxygène, est réduit, tant par les α que par les X, fait signalé déjà dans le dernier cas par Chamberlain. Le rendement cependant est de 5 à 6 fois inférieur à celui de la décomposition de KI.

Nitrite-nitrate. — KNO_2 M/1000 à pH 6,1 est oxydé en nitrate, KNO_3 M/1000 au même pH est réduit en nitrite par les deux espèces de rayonnement (7), la réduction étant, pour une dose donnée, moins importante que l'oxydation. D'autre part, le rendement de la réduction semble meilleur avec les X, celui de l'oxydation avec les α. Dans ce dernier cas, la quantité de H_2O_2 trouvée est considérablement réduite tant lors de l'oxydation que lors de la réduction. Par contre, avec les X, même en l'absence d'oxygène, on observe la formation de H_2O_2 lors de la réduction, tandis qu'au cours de l'oxydation en présence de ce gaz, le rendement est diminué relativement à l'eau.

Ces expériences mettent dès maintenant en évidence les différences profondes entre les actions des particules à ionisation dense et celles des rayons X. Elles montrent également que, d'une façon générale (mais pas toujours), les réductions se font plus difficilement que les oxydations, surtout lorsqu'il s'agit du rayonnement α.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'isomorphisme des perchlorates alcalins.* Note (*) de M. **Georges Kayas**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La loi de Mitscherlisch a eu une grande importance pour la chimie et a joué un rôle capital dans le choix du système de nombres proportionnels à un

(5) *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 596.
(6) *J. Phys. Chem.*, 52, 1948, p. 479.
(7) La réduction de KNO_3 par les rayons X a été déjà signalée par Clark et Pickett.

(*) Séance du 17 janvier 1949.

moment où les méthodes d'investigation étaient beaucoup moins précises et moins nombreuses qu'elles ne le sont à l'heure actuelle.

Il serait par conséquent intéressant de voir si cette loi s'applique dans le cas où l'un des constituants se trouve en quantité minime par rapport à l'autre.

Nous avons eu à notre disposition un mélange de chlorures de sodium et de potassium dont le premier, en quantité impondérable et indosable chimiquement, provenait de l'irradiation d'une cible de magnésium au faisceau de deutons produit par le cyclotron du Collège de France, et contenait les isotopes Na^{22} et Na^{24}. Nous avions d'ailleurs laissé décroître l'isotope 24 pour avoir à travailler avec la période propre de trois ans de l'isotope 22.

Le mélange était sous forme de poudre contenant environ 500^{mg} de chlorure de potassium. En ce qui concerne le sodium, il ne contenait que la quantité produite pendant l'irradiation, et les impuretés éventuelles contenues dans le magnésium.

Ayant voulu séparer les deux métaux Na et K, nous avons eu recours à la méthode au perchlorate, qui consiste à traiter à plusieurs reprises par l'acide perchlorique, évaporer à sec et extraire le perchlorate de soude par l'alcool à 96°. Malgré les épuisements répétés à l'alcool, nous avons remarqué que le perchlorate de potasse retenait toujours une petite activité due au Na^{22} qui persistait après 10 extractions.

Cette activité mesurée au compteur Geiger-Müller était de 0,18 impulsion/mg/min de sel. Nous avons ensuite dissous ce perchlorate de potasse dans l'eau et nous avons effectué une première cristallisation. Les cristaux après filtration et lavage soigné à l'eau, légèrement acidulée à l'acide perchlorique, afin de nous mettre à l'abri des adsorptions à la surface des cristaux, donnaient une activité de 1 impulsion/mg/min. Les eaux-mères ont été soumises à une nouvelle cristallisation et ainsi de suite.

Chaque fois nous avons pris soin de bien laver les cristaux.

On voit que les cristaux se comportent comme une phase unique.

On peut donc conclure que la loi de Mitscherlich s'applique dans le domaine précisé précédemment, au moins pour le système $KClO^4 - NaClO^4$.

Les résultats des mesures sont résumés dans le tableau suivant :

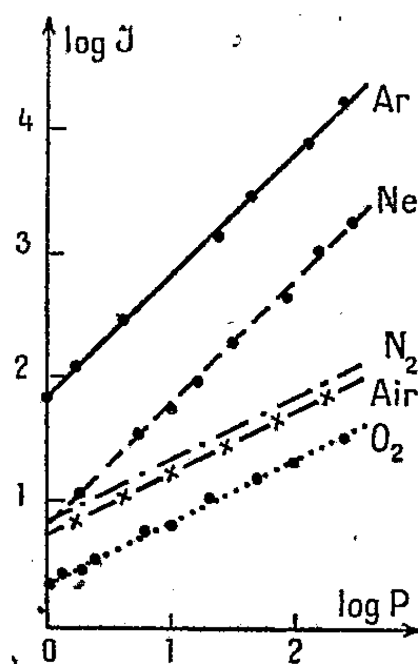
	Volume de la solution V en cm³	Activité spécifique des cristaux obtenus en imp/min/mg. a		
1re cristallisation.	$V_1 = 100$	0,18	$V_1 : V_2 = 5,53$	$a_1 : a_2 = 17,6$
2e »	$V_2 = 17,9$	1,02	$V_2 : V_3 = 5,43$	$a_2 : a_3 = 18,0$
3e »	$V_3 = 3,3$	5,65	$V_3 : V_4 = 5,50$	$a_3 : a_4 = 17,9$
4e »	$V_4 = 0,6$	31,50		

RADIOCHIMIE. — *Émission de rayonnement ultraviolet dans les gaz traversés par les particules α.* Note (*) de M. **René Audubert** et Mme **Solange Lormeau**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'influence chimique des particules α est un phénomène connu depuis longtemps. D'autre part, décelés grâce à des compteurs photoélectriques, de nombreux processus chimiques s'accompagnent d'émission de rayonnement ultraviolet. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'étudier au moyen de ces dispositifs les possibilités d'émission de différents gaz soumis à l'influence des particules α. L'expérience met, en effet, en évidence l'existence d'une forte émission d'ultraviolet dont nous avons déterminé l'intensité au moyen de compte-photons à CuI.

Ces recherches ont été effectuées sur les gaz suivants : air, O_2, N_2, H_2, Ne, Ar, dont les pressions étaient comprises entre 1^{mm} et 300^{mm} de mercure à la température ordinaire. Les gaz étaient contenus dans un tube cylindrique de 10^{cm} de long et de 4^{cm} de diamètre, fermé par des fenêtres de quartz. La source de polonium (20 000 unités) était collée à la paroi intérieure du cylindre et convenablement diaphragmée. Dans tous les cas, le faisceau de rayons α s'étendait sur tout le diamètre du cylindre dans le domaine de pressions considéré. Le photocompteur était disposé perpendiculairement au faisceau et placé devant l'une des fenêtres de quartz. Dans ces conditions le trajet des particules déchaîne, ainsi que le montre la courbe de Bragg, une ionisation sensiblement proportionnelle à la pression jusqu'à des valeurs de l'ordre de 300^{mm} de mercure.

Les résultats obtenus montrent, comme on peut le constater sur la figure,



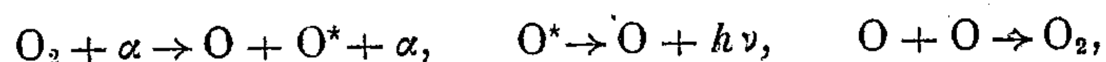
Émission d'ultraviolet dans différents gaz soumis à l'action des rayons α.
Courbes rapportées à une même sensibilité du photocompteur.

que les intensités d'ultraviolet observées sont proportionnelles à la racine carrée de la pression dans le cas des gaz biatomiques (O_2, N_2, air) et proportionnelles à la pression pour des gaz monoatomiques Ne, Ar).

(*) Séance du 20 décembre 1948.

Il était d'abord naturel d'attribuer l'émission à la recombinaison des ions, mais une expérience faite en captant par un champ électrique (200 à 2000 V/cm) les centres ionisés, a montré que dans ces conditions l'intensité du rayonnement émis restait la même.

Dans le cas des gaz biatomiques on peut supposer que l'énergie lumineuse trouve son origine dans un processus de recombinaison d'atomes en molécules. Ce mécanisme est sans doute peu vraisemblable, car, s'il est possible de l'imaginer pour l'azote dont la chaleur de formation est de 200 Kcal, il ne pourrait être invoqué pour l'oxygène dont la chaleur de formation est de 117 Kcal, contenu d'énergie insuffisant pour rendre compte d'une émission allant jusqu'à 2000 Å. D'ailleurs, en admettant que les 200 Kcal correspondant à la recombinaison des atomes d'azote en molécules puissent expliquer les photons observés, on montre aisément qu'une cinétique basée sur ce processus conduirait à une émission proportionnelle à la pression et non à la racine carrée de cette grandeur. Des émissions par désactivation de molécules excitées conduisent à la même conclusion. La seule hypothèse qui reste alors à formuler est d'admettre que ces émissions d'ultraviolet sont imputables à des désactivations d'atomes activés par les particules α. Dans le cas de l'oxygène par exemple, on aurait



$$O_2 + \alpha \rightarrow O + O^* + \alpha, \qquad O^* \rightarrow O + h\nu, \qquad O + O \rightarrow O_2,$$

$$\frac{-d[O_2]}{dt} = KP = k_1[O][O^*] + k_2[O]^2 + k_3[O^*]^2,$$

$$KP \approx k_2[O]^2, \qquad [O] = \sqrt{\frac{K}{k_2}P}.$$

D'autre part, la cinétique relative aux atomes excités donne de même

$$K'P \approx k_1[O][O^*]$$

d'où, en désignant par $\mathcal{J}$ l'intensité du rayonnement

$$\mathcal{J} = \frac{-d}{dt}[O^*] = k_4[O^*] = \frac{K'P}{k_1\sqrt{\frac{K}{k_2}P}} = k_5\sqrt{P}.$$

En ce qui concerne la désactivation des gaz monoatomiques, la désactivation d'atomes exités par les particules α rend directement compte de la proportionnalité de l'émission à la pression.

L'hydrogène présente des résultats différents et complexes. Dans un certain domaine de pressions (1^{mm} à 30^{mm} de mercure) l'intensité du rayonnement serait proportionnelle à la racine cubique de la pression. Il semble donc que pour ce gaz il soit nécessaire, tout au moins dans certaines conditions, de faire appel

à l'existence de molécules H_3 dont le rôle à déjà été invoqué par Eyring, Hirschfeller et Hugh Taylor (¹) à propos de l'action des particules α sur ce gaz.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Relation entre le caractère naphtoïde de polycycles hétéro-aromatiques et leurs diagrammes de liaison mobile.* Note (*) de M. **Jacques Metzger**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'accolement de deux cycles à caractère aromatique se traduit habituellement par une fixation plus ou moins prononcée de leurs *liaisons doubles*. Les deux exemples les plus typiques sont le benzène (aucune fixation des liaisons doubles) et le naphtalène (fixation partielle de liaisons doubles en position α-β) dont le comportement chimique a servi autrefois à distinguer les systèmes à caractère benzoïde (ou benzénoïde) pour lesquels toutes les liaisons sont équivalentes, des systèmes à caractère naphtoïde pour lesquels on remarque une différence entre la nature simple ou double des différentes liaisons.

Des travaux de Fries et Wolter [1] sur l'annellation de Skraup appliquée à l'amino-5 méthyl-2 benzothiazole, et des travaux de Ochiai et Kokeguchi [2] sur la transposition de Claisen et la copulation diazoïque appliquées à l'hydroxy-5 méthyl-2 benzothiazole et à l'hydroxy-7 quinoléine, conduisent aisément [3] à classer ces cycles dans l'ordre suivant, où le caractère naphtoïde est de plus en plus marqué :

benzène $\leqslant$ méthyl-2 benzothiazole $<$ quinoléine $<$ naphtalène.

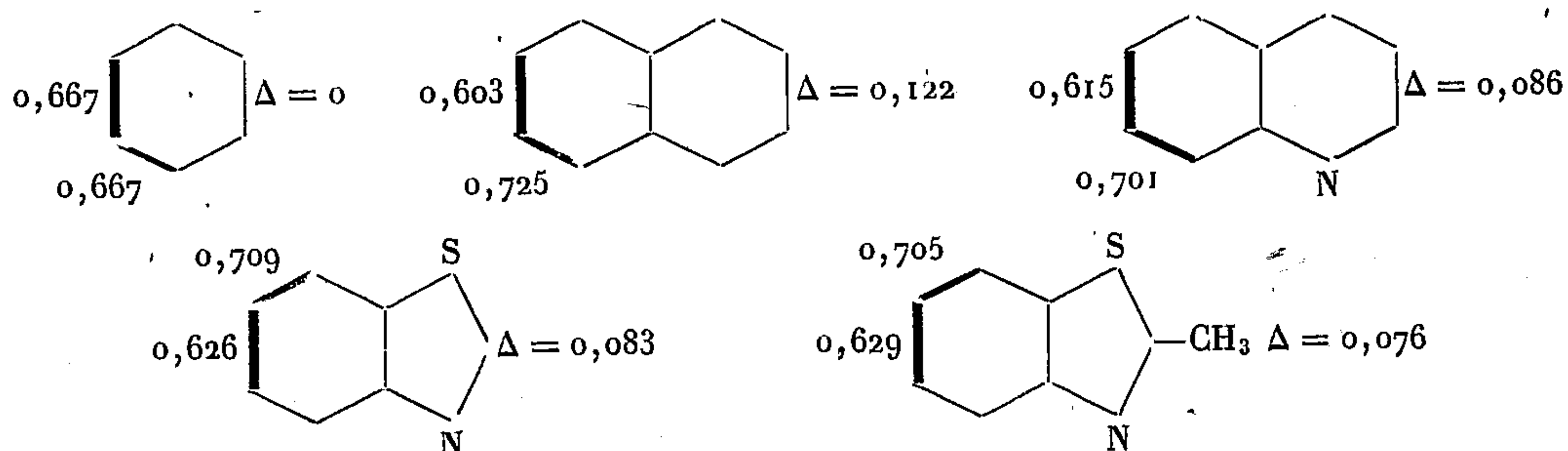
Ceci revient à admettre que, pour ces molécules, la différence de caractère double entre les liaisons α-β et β-β' va en croissant dans le même ordre.

Ayant eu l'occasion de calculer, par la méthode des Orbites Moléculaires [4], le diagramme moléculaire du méthyl-2 benzothiazole et celui du benzothiazole [5], et connaissant d'autre part ceux du benzène, du naphtalène et de la quinoléine [6], il nous a semblé intéressant de vérifier la validité de cette déduction. La portion intéressante de ces diagrammes est reproduite sur la

(¹) *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 479.

(*) Séance du 20 décembre 1948.
(¹) *Lieb. Ann.*, 60, 1937, p. 527.
(²) *Journ. Pharm. Soc. Japon*, 60, 1940, p. 98.
(³) J. Metzger, *Thèse Science*, Nancy, 1948.
(⁴) *Cf.* J. Metzger, 2ᵉ *Thèse Sciences*, Nancy, 1948.
(⁵) *Cf.* réf. (³) et J. Metzger et A. Pullmann, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1613; A. Pullmann et J. Metzger, *Bull. Soc. Chim.*, 1948 (sous presse), et J. Metzger et A. Pullmann, *ibid.*
(⁶) *Cf.* par exemple, C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Rev. Scient.*, 1947, p. 929.

figure ci-dessous :



Les liaisons α-β et β-β′ du cycle benzénique isolé ou accolé à d'autres cycles aromatiques sont caractérisées par leur indice de liaisons mobiles (4). La différence Δ entre les indices des deux liaisons envisagées est indiquée dans chaque cas.

On constate que la différence entre l'ordre de liaisons mobile α — β et β — β′ de ces divers cycles évolue bien dans le sens prévu. Si l'on tente de traduire numériquement le % de caractère naphtoïque du cycle envisagé en attribuant le nombre 100 au naphtalène et le chiffre 0 au benzène, on obtient pour les divers cycles figurés :

Benzène, 0 % ; méthyl-2 benzothiazole, 62 % ; benzothiazole, 68 % ; quinoléine, 78 % ; naphtalène, 100 %.

Ces nombres n'ont évidemment qu'une valeur de comparaison, et seul leur ordre de grandeur nous intéresse. Il n'en demeure pas moins qu'ils se rangent dans le même ordre que celui que fournit l'étude de réactivité chimique. En outre et inversement, les diagrammes moléculaires des polycycles aromatiques devront fournir d'utiles renseignements sur le caractère naphtoïde plus ou moins prononcé de leurs liaisons. C'est ainsi que nous pouvons prévoir que le benzothiazole doit présenter un caractère naphtoïde légèrement plus marqué que le méthyl-2 benzothiazole.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'isomorphisme d'un chlorate et d'un nitrate basique de magnésium.* Note (*) de Mme **Léone Walter-Lévy**, présentée par M. Paul Pascal.

D'une manière générale, on peut obtenir des sels basiques correspondant aux sels de magnésium très solubles en faisant agir sur les solutions concentrées des sels neutres, soit à l'ébullition le carbonate normal de magnésium trihydraté, soit à froid ou à chaud le magnésium métallique, la magnésie anhydre ou hydratée, un hydroxyde alcalin.

Ces procédés appliqués au chlorate donnent un sel basique dont le diagramme de rayons X obtenu par la méthode des poudres présente une analogie frappante avec celui du nitrate $(NO_3)_2Mg, 4Mg(OH)_2$. Cette similitude extraordinaire,

(*) Séance du 10 janvier 1949.

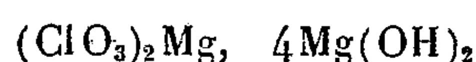
due sans doute à l'isomorphisme des deux sels, est nettement mise en évidence par la comparaison de leurs distances réticulaires. Les distances des plans réticulaires du nitrate basique ont été précédemment données ([1]). Celles du chlorate en Å sont les suivantes : 6,93 (FF); 4,75(ff); 3,99(ff); 3,56 (F); 2,72(ff); 2,54(FF); 2,36(ff); 2,16(FF); 2,04(ff); 1,98 (ff); 1,91(ff); 1,86(ff); 1,79(F); 1,69(ff); 1,64(ff); 1,58(F); 1,54(F); 1,49(F); 1,41 (f); 1,34(m); 1,27(m); 1,19(m); 1,13(m); 1,06(f); 1,02(m); 0,991(m); 0,947(m); 0,909 (f); 0,903(f); 0,894 (m); 0,880 (ff); 0,856(f); 0,836(f); 0,789(m); 0,787 (f); 0,784(m); 0,781 (f).

Les raies du chlorate et du nitrate se correspondent deux à deux; des différences légères se marquent pour quelques raies, en particulier pour les distances 3,56, 1,79 et 1,49, les distances correspondantes pour le nitrate étant 3,46, 1,77 et 1,46. Par ailleurs 6 raies très faibles apparaissent dans le diagramme du chlorate, qui manquent dans celui du nitrate (2,04, 1,98, 1,91, 1,86, 1,69, 1,64), et 2 raies extrêmement faibles peuvent être décelées dans le spectre du nitrate qui restent invisibles dans celui du chlorate (1,39 et 1,16).

Le tableau suivant groupe les conditions expérimentales et les résultats analytiques relatifs aux produits présentant le spectre caractéristique :

Concentration en chlorate en mol/l.	Réactif ajouté.	Température.	Durée.	Composition du précipité lavé à l'alcool et séché sur P_2O_5 : $\frac{(ClO_3)_2}{Mg}$	$\frac{H_2O}{Mg}$
3,5	MgO	25°	1 mois	0,169	0,75
4,75	$Mg(OH)_2$	128°	2 jours	0,163	0,92
5,00	$CO_3Mg, 3H_2O$	ébull.	2 »	0,183	0,78
5,5	»	»	4 »	0,182	0,77
Rapport théorique pour $(ClO_3)_2Mg, 4Mg(OH)_2$				0,200	0,80

Les résultats ne sont pas en contradiction avec la formule



$$(ClO_3)_2Mg,\quad 4Mg(OH)_2$$

imposée par l'isomorphisme du chlorate et du nitrate.

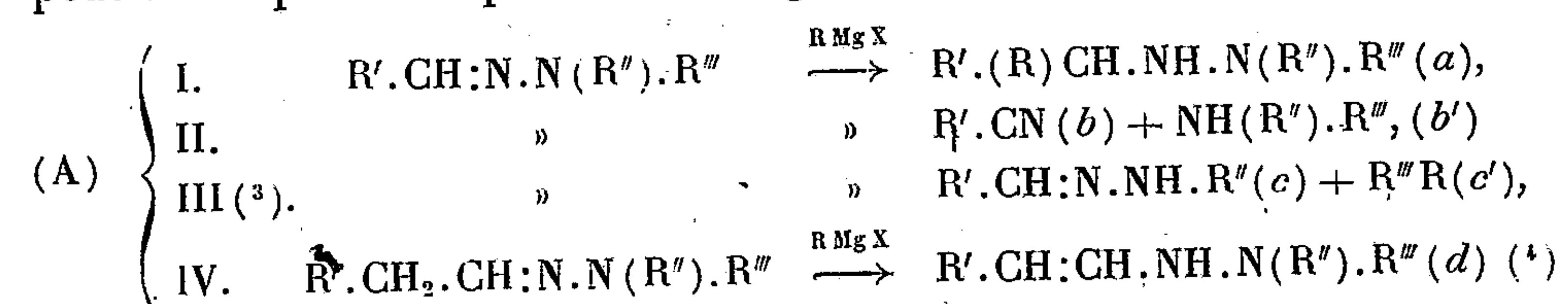
L'étude systématique des mélanges chlorate de magnésium, magnésie, eau, dont les équilibres s'établissent très lentement à la température ordinaire, permettra vraisemblablement de fixer la zone d'existence du chlorate basique à l'état de pureté.

Mais nous pouvons, dès à présent, admettre pour le sel basique de magnésium nouveau, qui peut se former de 25° à 125° dans les solutions concentrées de chlorate, la formule $(ClO_3)_2Mg, 4Mg(OH)_2$.

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 846.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens mixtes sur les phénylsemicarbazones des aldéhydes. Méthode de préparation des α-alcoyl-β-phénylcarbamyl-hydrazines.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de mes recherches sur les hydrazines α, β-disubstituées et leurs produits d'oxydation (azoïques, hydrazones etc.) j'ai montré ([1]) que l'action des organomagnésiens mixtes sur les hydrazones N substituées des aldéhydes peut être représentée par le schéma général (A) (I, II, III et IV) ([2]) :



$$(A)\begin{cases} \text{I.} & R'.CH{:}N.N(R'').R''' \xrightarrow{RMgX} R'.(R)CH.NH.N(R'').R'''\,(a), \\ \text{II.} & \text{»} \quad \text{»} \quad R'.CN\,(b) + NH(R'').R''',\,(b') \\ \text{III}\,(^3). & \text{»} \quad \text{»} \quad R'.CH{:}N.NH.R''\,(c) + R'''R\,(c'), \\ \text{IV.} & R'.CH_2.CH{:}N.N(R'').R''' \xrightarrow{RMgX} R'.CH{:}CH.NH.N(R'').R'''\,(d)\ (^4) \end{cases}$$

(où R = alcoyle, aryle, naphtyle, etc.; R″ = H, alcoyle, aryle, etc.; R‴ = alcoyle, aryle, acidyle).

L'importance relative des réactions I, II, III et IV du schéma (A) dépend des conditions expérimentales. Lorsque la réaction I est prépondérante, le traitement des hydrazones par le réactif de Grignard constitue un excellent procédé pour la préparation des composés du type (*a*), difficilement accessibles par d'autres méthodes.

La présente Note contient quelques exemples où le schéma (A) se réduit pratiquement à la réaction I. J'ai constaté, en effet, que, comme pour certaines N-acidyl-N-phénylhydrazones du benzaldéhyde ([5]), en faisant agir, en milieu

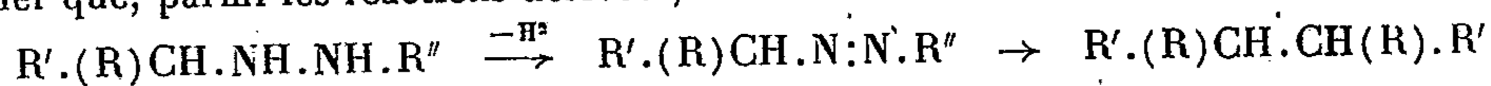
---

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1910; 223, 1946, p. 804; *Praktitka de l'Académie d'Athènes*, 16, 1941, p. 117 (et recherches inédites).

([2]) A ces réactions I, II, III et IV on doit ajouter celle de la cyclisation de quelques hydrazones (formation des composés hétérocycliques) (*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1910). Il est à noter que, excepté la réaction I, les autres réactions peuvent, dans certains cas, avoir lieu non seulement sous l'influence du réactif de Grignard, mais aussi sous celle d'autres agents physiques et chimiques (chaleur, solvant, etc.).

([3]) Cette réaction est fréquente, surtout pour R‴ = acidyle.

([4]) L'évolution des composés (*a*), (*b*), (*b′*), (*c*), (*c′*) et (*d*) en milieu éthéromagnésien étant trop connue, elle n'a pas été mentionnée dans la présente Note. Je dois pourtant signaler que, parmi les réactions dérivées, la réaction

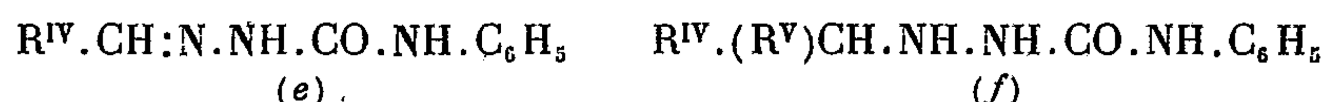


$$R'.(R)CH.NH.NH.R'' \xrightarrow{-H^2} R'.(R)CH.\dot{N}{:}\dot{N}.R'' \rightarrow R'.(R)C\dot{H}.\dot{C}H(R).R'$$

s'observe souvent surtout lorsque R, R′ = aryle.

([5]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1910. En général, les N-acidyl-N-phénylhydrazones des aldéhydes se comportent vis-à-vis du réactif de Grignard comme les N-acidylhydrazones des aldéhydes. Ainsi, par exemple, les benzoylhydrazones de quelques aldéhydes traitées par le réactif de Grignard fournissent, comme la N-benzoyl-N-phénylhydrazone du benzaldéhyde, des α-alcoyl-β-benzoyl-hydrazines (recherches inédites qui feront l'objet d'un Mémoire ultérieur).

éthéré, un excès d'organomagnésiens mixtes sur les phénylcarbamylhydrazones des aldéhydes (*e*), on obtient très facilement les α-alcoyl-β-phénylcarbamyl-hydrazines (*f*) ($R^t > 90\%$). A ma connaissance, aucun composé de type (*f*) n'a été signalé jusqu'ici.



$R^{IV}.CH:N.NH.CO.NH.C_6H_5$ (*e*) $R^{IV}.(R^V)CH.NH.NH.CO.NH.C_6H_5$ (*f*)

Ainsi le traitement de la phénylcarbamylhydrazone du benzaldéhyde ($R^{IV}=C_6H_5$) par $C_2H_5.MgBr$ ou de la phénylcarbamylhydrazone de l'aldéhyde propionique ($R^{IV}=CH_2.CH_3$), $C_{10}H_{13}ON_3$, F 122° (alc.), par $C_6H_5.MgBr$ fournit l'α-[1-phénylpropyl]-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV}=C_6H_5$; $R^V=C_2H_5$), $C_{16}H_{19}ON_3$, F 164° (alc).

L'action de $C_6H_5.MgBr$ sur la phénylcarbamylhydrazone du benzaldéhyde conduit à l'α-benzhydryl-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV}=R^V=C_6H_5$), $C_{20}H_{19}ON_3$, F 226° (dioxanne).

La condensation de la phénylcarbamylhydrazone de l'anisaldéhyde avec $C_2H_5.MgBr$ ou de la phénylcarbamylhydrazone de l'aldéhyde propionique avec *p*-$CH_3O.C_6H_4.MgBr$ donne l'α-[1-(*p*-méthoxyphényl)-propyl]-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV}=p\text{-}CH_3O.C_6H_4$; $R^V=C_2H_5$), $C_{17}H_{21}O_2N_3$, F 171° (benzène ou alcool).

Enfin, le traitement de la phénylcarbamylhydrazone de l'anisaldéhyde avec $C_6H_5.MgBr$ ou de la phénylcarbamylhydrazone du benzaldéhyde avec *p*-$CH_3O.C_6H_4.MgBr$ fournit l'α-[1-(*p*-méthoxyphényl)-benzyl]-β-phénylcarbamyl-hydrazine ($R^{IV}=p\text{-}CH_3O.C_6H_4$; $R^V=C_6H_5$), $C_{21}H_{21}O_2N_3$, F 218° (dioxanne).

Les α-alcoyl-β-phénylcarbamyl-hydrazines précédentes se présentent sous forme d'aiguilles feutrées incolores ([6]).

Je poursuis ces recherches.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Analyse de Patterson-Fourier de la forme losange des iodures de palmityl- et de stéaryl-choline.* Note (*) de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Paul Pascal.

Les cristaux de la forme B ([1]) des iodures de palmityl- et de stéaryl-choline, se présentent en larges feuillets plans, très minces, d'angle de face 53°. Ils sont

---

([6]) La structure de ces différentes phénylsemicarbazides a été également confirmée par leur absorption dans l'U. V. moyen.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) M. Loury, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 682; C. Stora, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 107, et *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 994.

tous deux *tricliniques*, avec deux molécules par maille élémentaire, c'est-à-dire, en principe, guère accessibles à une détermination structurale précise.

Une première analyse de Patterson-Fourier, effectuée en utilisant la méthode de l'atome lourd, précise cependant le caractère à la fois ionique et moléculaire de ces cristaux.

Sur la figure (1) relative à l'iodure de palmitylcholine, ce caractère ionique

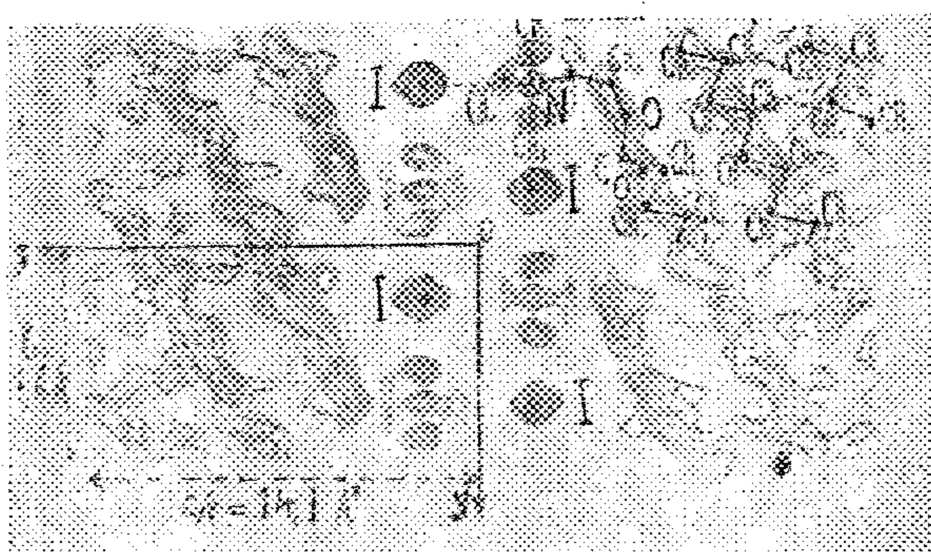
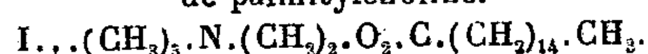


Fig. 1. — Projection de Fourier Oyz de l'iodure de palmitylcholine.



I...$(CH_3)_3.N.(CH_2)_2.O_2.C.(CH_2)_{14}.CH_3$.

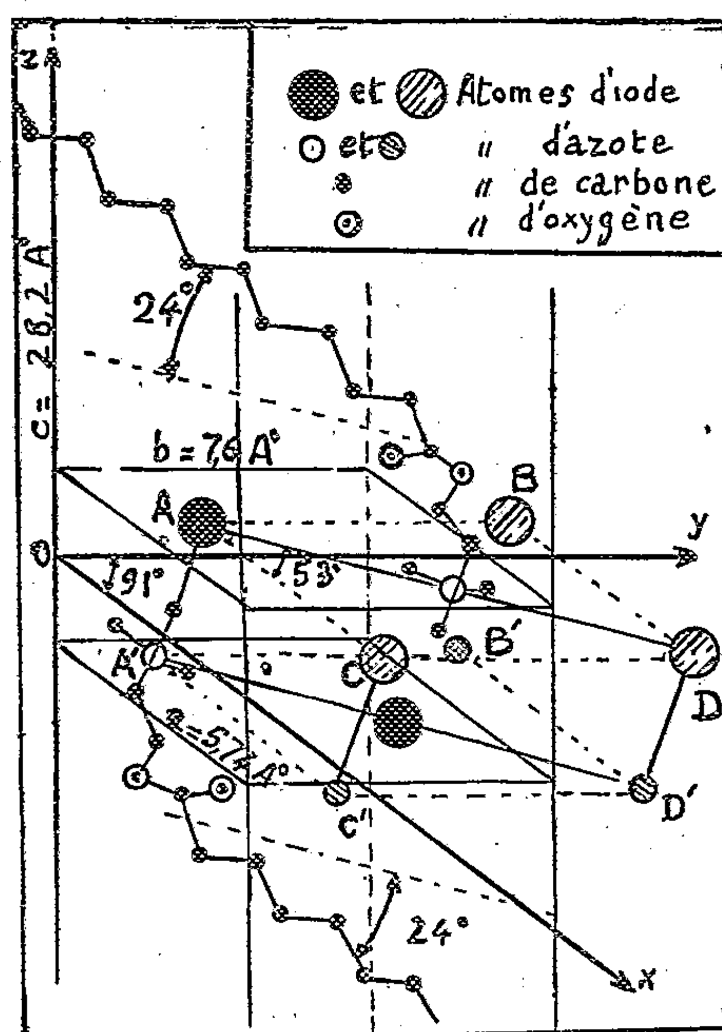


Fig. 2. — Structure de l'iodure de palmitylcholine.

se manifeste par l'alternance régulière des atomes d'halogène et d'azote (un halogène étant équidistant de quatre azotes et réciproquement) formant un damier à peu près plan, parallèle au plan xOy (001), et par la présence dans la maille voisine d'un second damier plan d'halogènes et d'azotes, équidistant du premier par rapport au plan xOy, mais décalé par rapport à lui de telle sorte que, dans l'espace, un azote soit équidistant de cinq iodes et un iode équidistant de cinq azotes. La distance iode-azote est, pour les deux substances, voisine de 4,78 Å. Cette valeur est compatible avec la valeur de 3,65 Å fournie par Hendricks [2] pour l'électrovalence iode-azote des iodures d'amines grasses, par suite de l'encombrement supplémentaire des groupes méthyles de l'azote triméthylé.

(2) *Zeits. f. Krist.*, 68, 1928, p. 139.

Le caractère moléculaire des cristaux ressortit au reste choline-acide gras des composés. C'est l'angle de la longue chaîne de l'acide gras (R-COO---) avec le résidu cholinique (---$(CH_3)_3$-N-$(CH_2)_2$-) qui impose à la maille son caractère triclinique. La longue chaîne de l'acide gras, parfaitement visible tant sur les projections de Patterson que sur les projections de Fourier, s'étale sur trois mailles élémentaires (telle qu'elle fut arbitrairement définie) à partir de l'atome d'azote. La distance latérale de deux chaînes grasses voisines est d'environ 3,5 Å (forces de Van der Waals). Le plan des CH_3 terminaux des molécules est parallèle au plan 001, expliquant le clivage relativement facile dans cette direction.

Ces données structurales acquises, on en conclut que la fixité des paramètres *a*, *b* et γ, observée quand on passe du palmitate au stéarate, relève de la présence du double damier des électrovalences, lequel demeure le même pour les deux substances.

Les plans diagonaux du damier, AD, A'D' et BC, B'C' (*fig.* 2) qui sont les plus denses en atomes, font avec le plan AC, A'C' parallèle à *a* un angle de 53° qui est l'angle de la face des cristaux. Mais c'est la diagonale AD, très faiblement oblique sur la chaîne grasse qui correspond à la grande arête de pousse des cristaux, le cristal présentant seulement le long de cette arête une extinction à peu près droite.

La longue chaîne grasse s'incline sur les axes Ox, Oy, Oz, des angles de (— 56°), (— 46°) et (+ 66°), c'est-à-dire qu'elle émerge du plan xOy sous l'angle de 24° environ, valeur en bon accord avec l'angle moyen de 22° que fait le grand axe de l'ellipsoïde des indices avec la face 001 du cristal.

Par ailleurs, la présence et la rigidité du double damier des électrovalences, jointes à la très grande inclinaison des chaînes grasses sur le plan de la face, permettent de comprendre la pousse des cristaux en larges feuillets plans. Le feuillet élémentaire serait constitué par deux demi-mailles contiguës et s'accroîtrait dans son plan *ab* par adjonction d'une molécule, fixée rigidement par son électrovalence I-N dans le double damier médian.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la surface d'érosion polycyclique de l'Antiliban et de l'Hermon.* Note (*) de M. ÉTIENNE DE VAUMAS, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Pas plus que celui du Liban, le relief de l'Antiliban et de l'Hermon n'est purement structural (¹).

Le détail de la datation y est cependant plus difficile à établir qu'au Liban parce qu'on y possède moins de coupes caractéristiques. Néanmoins ces massifs

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2166-2168.

ayant une histoire géologique semblable à celle de ce dernier et lui étant directement accolés, on peut y retrouver la même évolution morphologique ([2]).

1° *Pénéplanations de l'Antiliban et de l'Hermon au Tertiaire.* — A leur contact avec la Bekaa, les couches cénomaniennes de ces massifs, bien qu'elles soient très redressées, sont recoupées par la surface topographique qui correspond donc à une surface d'érosion (S_1); celle-ci est fossilisée à l'Ouest par le Nummulitique (Lutétien) qui forme crêt tout le long de la Bekaa. Ce crêt et son revers sont eux-mêmes arasés par une surface d'érosion qui se prolonge dans l'Antiliban et dans l'Hermon. Étant donnée la similitude de l'histoire géologique de ceux-ci et du Liban et la présence d'une surface polycyclique de l'autre côté de la Bekaa (avant-monts libanais), on peut identifier cette dernière surface avec la surface polycyclique (S_2, S_3, S_4) du Liban.

Dans le Qalamoun (façade orientale de l'Antiliban), des reconnaissances rapides nous permettent de penser que le relief n'est pas non plus purement structural et que des traces d'anciens cycles y subsistent encore.

On est donc en présence de la même surface polycyclique qu'au Liban, la présence d'importants matériaux détritiques datant de la fin du Néogène dans la Bekaa comme dans le Qalamoun confirment cette manière de voir ([3]).

3° *Extension de la surface polycyclique.* — Elle s'étend sur tout le Dj. Hassié (jusqu'à 1600-1700^m d'altitude), sur la bordure de l'Antiliban (jusque vers 2100^m) où elle forme notamment, au Sud de l'Ouadi Yafoufa, les plateaux qui sont compris entre la Bekâa d'un côté, la vallée de Serrhaya et le bassin de Zebedani de l'autre. Plus au Sud encore, elle a laissé son empreinte sur tous les reliefs situés entre l'Antiliban et l'Hermon ainsi que sur ceux qui se trouvent entre ce dernier et l'Ouadi Teim; elle s'y élève jusque vers 1700^m.

Tout donne à penser qu'elle ceinture l'Antiliban et l'Hermon à l'Est comme elle le fait à l'Ouest.

4° *Conclusions concernant l'Antiliban et l'Hermon.* — Ce sont presque les mêmes que pour le Liban : le relief y a été préparé de longue date et les traces des anciennes érosions y sont encore très sensibles. Partout où elles s'étendent encore, les gorges récentes y sont les éléments les plus marquants de la morphologie, et l'érosion différentielle n'a encore que très peu joué. La surface polycyclique est très énergiquement plissée, mais ses axes de déformation restent les mêmes que ceux des accidents qui avaient affecté précédemment les couches. Sa conservation à des altitudes beaucoup plus fortes qu'au Liban tient à plusieurs facteurs : niveau de base moins déprimé, pluies beaucoup moins abondantes fournissant par conséquent un agent érosif beaucoup plus faible, précarité du ruissellement due à la nature presque exclusivement karstique des massifs de l'Antiliban et de l'Hermon. Comme au Liban, on peut

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 257.

([3]) L. Dubertret et H. Vautrin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 69-71.

distinguer une zone périphérique où le relief est commandé surtout par les restes de la surface polycyclique et une région centrale, plus élevée, où les formes structurales dominent exclusivement.

5° *Conclusions générales.* — On a vu que l'évolution morphologique du Liban, de l'Antiliban et de l'Hermon avait consisté essentiellement : dans la formation d'une surface polycyclique durant les périodes d'exondation du Tertiaire (principalement au Pontien, puis à la fin du Pliocène et au Quaternaire), ainsi que dans l'attaque de cette surface qui a abouti, partout où sa destruction est assez avancée, à un relief structural préalpin de grande ampleur.

Cette évolution paraît bien être la même sur toute la bordure orientale de la Méditerranée qui a connu, à peu de choses près, la même histoire géologique et orogénique (4).

Le Djebel Ansarieh se présente en tout point comme un second Liban quoique de carrure plus réduite. Sa terminaison périclinale au Sud est pénéplanée et fossilisée par des restes de la nappe basaltique de l'Akkar (5). Son centre, au contraire, est le domaine des formes structurales : crêts formés par la retombée des couches cénomaniennes, mont jurassique donnant l'arête sommitale.

La Palestine, en son entier, est un pays usé. Sa topographie ne correspond pas aux surfaces structurales des couches. Aucun relief structural important ne s'y décèle, le défoncement de la surface polycyclique y étant à peine amorcé par suite de l'altitude relativement faible des massifs palestiniens. Les reliefs jeunes y sont l'œuvre des grandes fractures qui sont de date très récente.

Les massifs de la côte orientale de la Méditerranée se sont formés par à-coups durant la fin du Secondaire et durant le Tertiaire. Le relief actuel paraît presque partout être formé par une surface polycyclique, principalement pontienne et post-plaisancienne, qui a été très énergiquement plissée selon les mêmes axes que les déformations antérieures. C'est seulement dans les massifs les plus élevés et dans la partie centrale de ceux-ci que l'érosion a pu faire disparaître toute trace de cette surface et développer un relief structural, mettant en valeur les différentes couches selon leur dureté respective. A part ce cas, il n'est de reliefs jeunes que ceux dus aux gorges et aux grandes failles.

Cette évolution morphologique rappelle celle de l'Anatolie (6).

---

(4) *Voir* L. Dubertret, *Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième* (2e édit.). Beyrouth, 1941-1943; Leo Picard, *Structure and evolution of Palestine*, Jérusalem, 1943.

(5) J. Weulersse, *Le pays des Alaouites*, Thèse, 1940, p. 299.

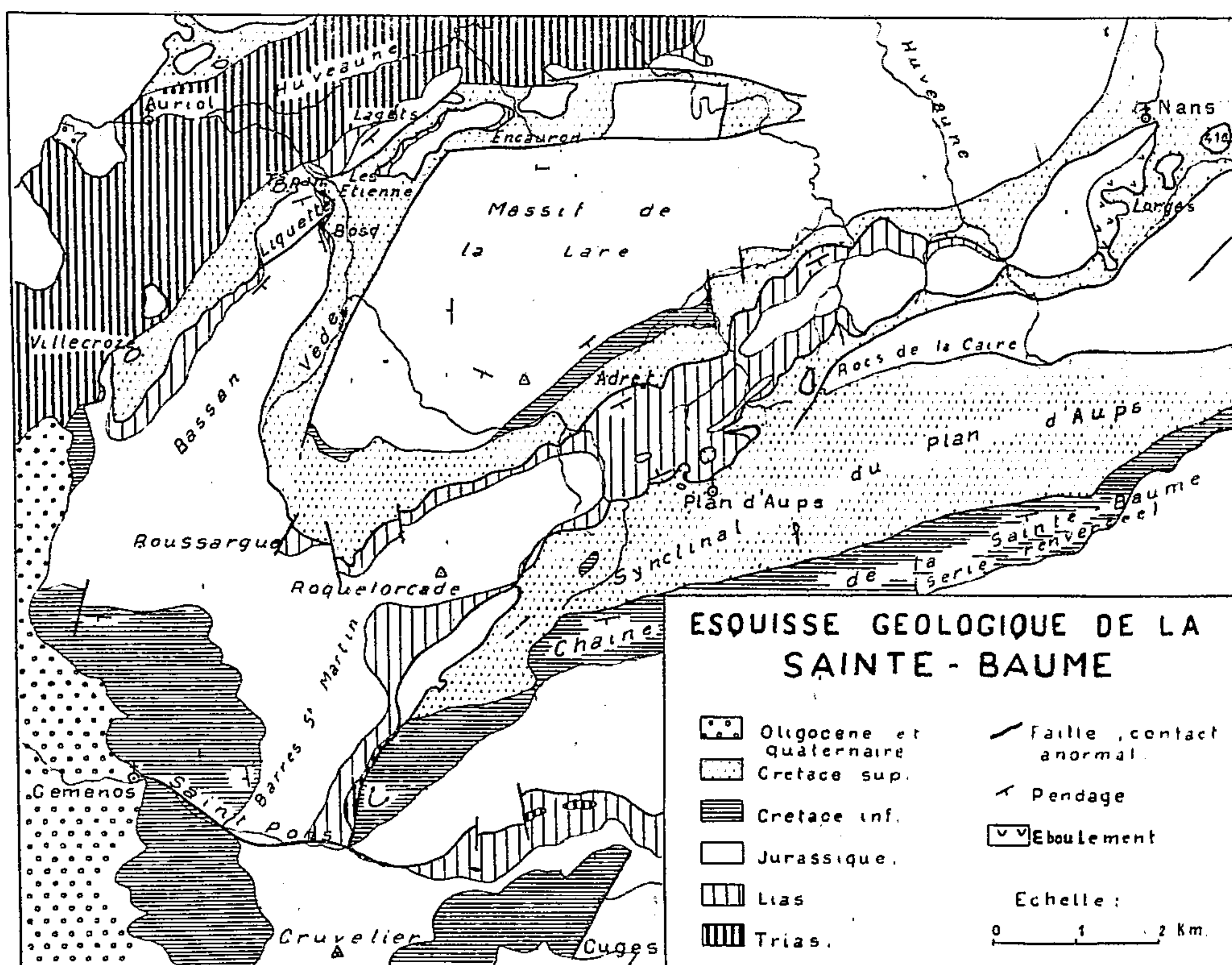
(6) E. Chaput, *Voyages d'études géologiques et géomorphologiques en Turquie*, Paris, 1936.

GÉOLOGIE. — *Interprétation tectonique du Massif de la Sainte-Baume.* Note (*) de Mme **Yvonne Gubler**, MM. **Daniel Schneegans** et **Jacques Guillemot**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons montré la position synclinale anormale (sur le Crétacé supérieur) des terrains jurassiques constituant les chaînons Nans-Roqueforcade et Roqueforcade-Liquette-Lagets.

Nous avons observé l'enracinement de cette série jurassique en arrière de la série inverse de la Sainte-Baume, au Sud-Sud-Est de l'ancienne abbaye de Saint-Pons.

La série monoclinale constituant les barres de Saint-Martin, la Tête de



Roussargue, et qui descend au Sud-Ouest jusqu'à Gemenos, se prolonge en continuité au Sud du ravin de Saint-Pons par la série jurassique et infracrétacée des pentes Ouest du Mont Cruvelier. Or, sur le flanc Nord du Cruvelier (ou Brigou) on observe, à la base de cette série (*flanc normal du pli couché de*

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 104.

la Sainte-Baume) sur le chemin de Saint-Pons à Cuges, une traînée de terrains hettangiens et triasiques, vestiges écrasés du noyau de ce pli.

Malgré un accident transversal, mis en évidence par certains de nos prédécesseurs, qui abaisse les terrains au Sud du vallon de Saint-Pons (r. g.), les affleurements se relient de part et d'autre dudit vallon. Il s'ensuit que les carrières de gypse du Trias, situées au Nord de l'Abbaye, dans le ravin de Saint-Pons, sont dans le prolongement indiscutable des pointements jalonnant le noyau du pli de la Sainte-Baume, suivant un tracé qui contourne au Sud la terminaison Sud-Ouest de la série inverse. Au Nord du ravin de Saint-Pons, les affleurements de Trias s'effilent et la série normale décollée débute presque partout par l'Hettangien. Il est donc évident que la racine des lambeaux charriés de Roqueforcade-Nans et de Liquette passe en arrière de la série inverse de la Sainte-Baume, qu'elle est entamée par le ravin de Saint-Pons et qu'elle se prolonge en direction de Pont-de-l'Étoile vers le Nord-Ouest, sous le bassin oligocène d'Aubagne.

En résumé, les lambeaux de Roqueforcade-Nans et Liquette-Lagets constituent bien le flanc normal du pli de la Sainte-Baume, décollé au niveau du Keuper et charrié sur une distance de 7-8^{km}.

Nous sommes ainsi conduits à une hypothèse assez proche de celles de M. Bertrand et de E. Haug.

Toutefois nous tenons à faire remarquer que les lambeaux de recouvrement entourant le massif de la Lare ne sont pas les éléments d'une « grande nappe de Provence ». Ils résultent, pensons-nous, de l'exagération d'un pli couché dont le flanc normal, au cours de sa formation, aurait continué à glisser vers le Nord-Nord-Ouest, sans présenter de charnière frontale.

Ce recouvrement, dont le style est voisin de celui du Beausset, est l'œuvre de la phase pyrénéo-provençale. Postérieurement à sa mise en place, cet élément tectonique a été démantelé par l'érosion, et l'Oligocène est venu recouvrir en discordance angulaire l'extrémité occidentale du pli. Les déformations marginales des bassins oligocènes témoignent d'une phase de plissement plus récente et plus atténuée. On lui doit le bombement du massif de la Lare, l'allure synclinale des lambeaux de recouvrement, le serrage de l'extrémité du synclinal de Plan d'Aups dans le ravin de Saint-Pons et le compartimentage par failles du substratum et de la série charriée.

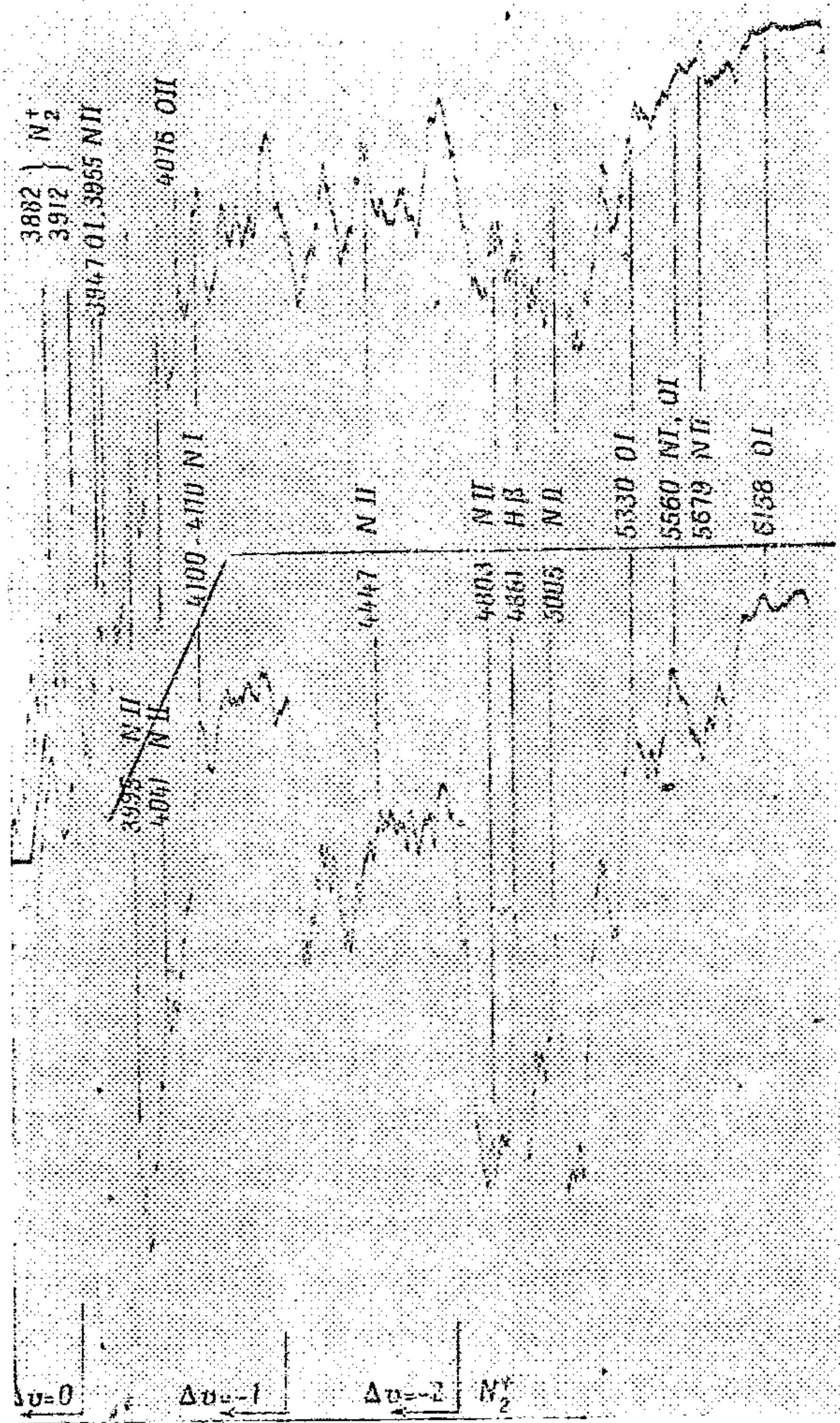
PHYSIQUE DU GLOBE. — *Spectres des éclairs, de* 3830 *à* 6570 Å. Note (*) de MM. **Jean Dufay** et **Tcheng Mao-Lin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons photographié un assez grand nombre de spectres d'éclairs, avec des spectrographes à fente très lumineux, mais peu dispersifs. L'étude

(*) Séance du 10 janvier 1949.

de 10 clichés, choisis parmi les plus caractéristiques, nous a permis de mesurer les longueurs d'onde de 80 radiations environ, émises entre 3830 et 6570 Å, et ainsi de compléter les identifications faites par M. Nicolet (¹), d'après les mesures de Slipher (²) et par H. Israël et K. Wurm (³) d'après les clichés qu'ils ont obtenus au prisme-objectif.

Raies atomiques. — Au spectre de l'atome neutre d'azote, le mieux représenté dans le violet et le bleu, appartiennent, au delà de 5000 Å, non



seulement la raie 6008 Å, identifiée par Israël et Wurm, mais aussi la forte radiation 6482 Å, qui correspond au multiplet très intense $3p\,^4D_0 - 4d^4F$,

(¹) *Ciel et Terre*, 59, nᵒˢ 3-4, mars-avril 1943.

(²) Lowell, *Observatory Bulletin*, 79, 1917.

(³) *Naturwissenschaften*, 29, 1941, p. 778; *Wissenschaftliche Arbeiten der Deutschen Meteorologischen Diesntes in französischen Besatzungsgebiet*, 1, 1947, p. 48.

et les raies 5562, 5620 et 5830 Å (multiplets $3p\,^4D_0 - 5d\,^4F$, $3p\,^4D_0 - 6s\,^4P$ et $3p\,^4P_0 - 6s\,^4P$).

L'atome neutre d'oxygène, déjà bien caractérisé par Nicolet dans la région des petites longueurs d'onde (3947, 4368 Å), devient prépondérant dans le visible. En plus des raies 5330, 6158 et 6455 Å, reconnues par Israël et Wurm, nous lui attribuons les raies 5435 ($3\,^5P - 6\,^5S_0$), 5513($3\,^3P - 6\,^3D_0$) et 5555 Å($3\,^3P - 7\,^3S^0$), cette dernière souvent blend avec NI.

Les raies de l'azote ionisé sont nombreuses et souvent fortes (3995, 4041, 4447, groupe 4600, 5005, 5679, 5941 Å, ...); celles de l'oxygène ionisé, assez abondantes dans le bleu et le violet, sont toujours plus faibles. Nous n'attribuons que peu de raies nouvelles à ces deux ions (NII 5045, $3s\,^3P_0 - 3p\,^3S$; OII 4591 $3s'$, $^2D - 3p'\,^2F_0$), mais nous séparons mieux les composantes des multiplets déjà connus (NII $3s\,^3P_0 - 3p\,^3P$, OII $3p\,^4D_0 - 3d\,^4F$, $3s\,^4P - 3p\,^4P_0$, $3s\,^4P - 3p\,^4D_0$).

Bandes moléculaires. — Les bandes négatives de la molécule d'azote ionisée sont visibles sur tous nos clichés. Les séquences $v' - v'' = 0$ et -1 (3914 et 4278 Å) sont généralement si fortes et la séquence $v' - v'' = -2$ si développée que le système s'étend sans doute dans la région visible, sans qu'on puisse l'y caractériser aussi nettement (bande 0 — 3, 5228 Å et peut-être 0 — 4, 5865 Å). Au contraire, les bandes du deuxième système positif de la molécule neutre d'azote, assez fortes dans l'ultraviolet ([4]), sont rares et faibles au-dessus de 3830 Å.

D'un spectre à l'autre, l'intensité des raies des atomes ionisés varie beaucoup, par rapport à celle des raies des atomes neutres, en sorte qu'il semble possible de classer les spectres suivant leur degré d'excitation, car l'intensité des bandes négatives varie en sens inverse de celle des raies de NII. La figure ci-contre reproduit les enregistrements à petite échelle de deux spectres de types extrêmes. Sur le premier (*a*), les raies de NII sont très intenses (NII 5679 $>$ NI 5562 et OI 5555; NII 5005 $\gg$ NII 4803 $>$ H_β; NII 3955 $\gg$ OI 3947), et les bandes négatives sont peu apparentes. Sur le deuxième (*b*), où les bandes négatives sont très fortes, les raies de NII sont très faibles (5679, 4803 et 3955, pratiquement invisibles, 5005 $<$ H_β).

L'emploi du prime-objectif pourra donner d'utiles renseignements sur ces différences, car il permet d'obtenir sûrement le spectre d'un éclair individuel et de suivre les variations d'intensité des diverses radiations le long de la trajectoire.

([4]) J. DUFAY, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1331; M. DUFAY, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1079.

PÉDOLOGIE. — *Méthode d'étude de la zonalité pédogénétique par la paléopédologie.* Note de M. **Bernard Gèze** présentée par M. Albert Demolon.

L'étude de l'influence du climat sur la pédogénèse peut se faire soit suivant la méthode habituelle qui consiste à examiner les grands types de sols actuellement réalisés sous des conditions climatiques variables avec la latitude, soit en essayant de reconstituer les types apparus successivement en un même point, en fonction de la variation des climats au cours des temps géologiques.

La première est, en somme, une méthode géographique, la deuxième, une méthode stratigraphique. La comparaison entre les résultats peut conduire à leur confirmation, lorsqu'ils sont concordants, à des idées nouvelles ou, tout au moins, à des questions méritant examen, lorsque les résultats sont discordants. On trouvera, ci-après, un exemple particulièrement intéressant de l'emploi de la deuxième méthode, pris essentiellement dans le Midi de la France.

Postérieurement à l'orogénèse hercynienne et jusqu'à l'importante transgression marine du Jurassique, les régions méridionales du Massif Central sont restées émergées ou n'ont été recouvertes que très localement par des eaux lacustres, parfois lagunaires, puis marines, mais dans des conditions littorales, l'essentiel du comblement des dépressions de la pénéplaine posthercynienne étant dû, de toutes façons, aux apports continentaux résultant du remaniement des formations superficielles voisines.

Au Westphalien supérieur, le bassin d'Alès (1) renferme des schistes sapropéliques à 70 % de silice, ce qui représente à peu près la teneur des micaschistes du substratum ; les charbons gras contiennent 18 à 25 % de matières volatiles. Au Stéphanien inférieur, les schistes n'ont plus que 53 % de silice et les charbons demi-gras 12 à 18 % de matières volatiles. Au Stéphanien moyen, les teneurs passent à 49 % de silice et 6 à 12 % de matières volatiles. Le Stéphanien supérieur n'est pas représenté.

Ainsi, le climat équatorial du Carbonifère supérieur, avec le développement intense de la végétation qui en résultait, a provoqué la genèse de sols foncés, de plus en plus riches en bases et en matière organique, tandis que la proportion de silice allait constamment en diminuant.

A l'Autunien, le bassin de Lodève, par exemple, avec sa végétation de Fougères arborescentes et ses schistes noirs bitumineux fréquents, prouve que le climat encore subéquatorial continuait à entraîner la genèse de sols riches en matières organiques. Mais, dès la fin de cet étage, les conditions semblent se rapprocher progressivement de celles des zones tropicales humides.

De cette époque date un phénomène assez curieux de silicification, en même temps que de rubéfaction. Une part du quartz provient sans doute de venues filoniennes d'origine profonde, mais il est probable aussi que, sous l'influence du climat qui permettait une solubilisation assez grande de la silice, il a pu se produire un nouveau concrétionnement au voisinage d'une nappe phréatique stagnante, dans les horizons inférieurs du sol à la limite de la roche mère. Ainsi s'expliqueraient les aspects étranges des grandes surfaces quartzeuses de l'Autunien du Lodévois et des schistes anciens de l'Albigeois qui furent recouverts par le Permien.

(1) La plus grande partie des observations et les chiffres concernant le bassin houiller d'Alès sont dus à G. Livet (*Rev. Ind. min.*, Saint-Étienne, nos 472 à 480, 1943).

Au Saxonien, la végétation arborescente se réduit ou disparaît, et le remaniement de sols probablement à caractère latéritique rend exclusif le faciès de pélites rouges commencé à la fin de l'étage précédent. On peut croire à la généralisation d'un climat tropical humide, dont la grande pluviosité motiverait les larges épandages sur les zones basses de la pénéplaine et dont les saisons sèches seraient cause de la rubéfaction intense du sol.

L'évolution vers le climat tropical sec s'est produite sans doute pendant le Thuringien, dont on connaît les faciès d'accumulations salines en diverses régions, des sols véritables n'ayant probablement pas plus existé à cette époque que dans les déserts actuels.

Avec le Trias, le climat a poursuivi sa tendance vers le refroidissement en donnant dans nos régions des sols analogues à ceux que l'on trouve entre la zone tropicale sèche et la zone méditerranéenne. Ainsi s'expliqueraient certains dépôts gypsosalins qui font songer aux sédiments des chotts tunisiens, des horizons calcaires minces qui furent peut-être des croûtes fossiles, et des argiles bariolées qui ne sont pas sans rapports avec les argiles rouges quaternaires d'Afrique du Nord. Cependant, les poussées marines s'accentuent et, dès la base du Jurassique, il n'est plus guère possible de connaître les conditions pédologiques qui ont régné dans les rares zones émergées du Midi de la France.

On voit donc que les types de sols formés successivement en un même point sous des influences climatiques ayant varié progressivement depuis les conditions équatoriales jusqu'aux conditions tempérées sèches au cours des temps géologiques sont semblables, dans l'ensemble, à ceux que l'on observe en se déplaçant à la surface de la Terre pour retrouver ces mêmes conditions actuellement réalisées.

La seule différence essentielle concerne les zones équatoriales, pour lesquelles on admet la genèse d'argiles rouges à matière organique dispersée, alors que la paléopédologie semble indiquer l'accumulation de sols noirs très riches en matière organique. Deux explications, non contradictoires d'ailleurs, paraissent possibles : ou bien les argiles rouges équatoriales sont en réalité des paléosols réalisés sous l'influence d'un climat tropical humide à saisons déjà alternantes; ou bien les sols noirs carbonifères doivent être comparés plus spécialement aux sols des mangroves qui prennent naissance dans des conditions sans doute équatoriales, mais avec un régime hydrique très particulier.

En outre, la quartzification de la base du Permien doit inciter à rechercher si, dans les zones tropicales humides, il ne se réalise pas actuellement des accumulations siliceuses plus considérables que ce que l'on soupçonne, et dans quelles conditions exactes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la printanisation sur la teneur en glucides des semences de céréales.* Note (*) de M. **Jean Séchet**, transmise par M. Henri Devaux.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons démontré que le traitement de printanisation des grains de céréales enrichit les embryons en composés gluci-

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) R. David et J. Séchet, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 537-539.

diques, mais on peut se demander si un enrichissement semblable n'existe pas pour tout le grain, c'est-à-dire si l'albumen n'a pas son rôle propre.

Nous avons donc effectué des dosages sur des grains d'Avoine, de Blé, d'Orge et de Seigle, suivant la technique indiquée précédemment ([1]). Les semences printanisées ([2]) étaient analysées après 30 jours, et certaines après 70 jours de traitement. Les dosages des témoins ont été effectués sur des semences non germées puis, après germination, pendant des durées variant de 2 à 6 jours, à la température de 25° C.

Pour les témoins, nous ne tiendrons compte que des résultats ayant trait à des semences dont les plantules ont une taille très voisine de celle des semences printanisées.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

	Quantité de glucides pour 1 000 grains (en milligrammes de glucose).				
	Glucides solubles.				
	Réducteurs libres.	Réducteurs après hydrolyse à l'invertase.	Réducteurs après hydrolyse acide.	Glucides insolubles.	Longueur moyenne du coléoptile (en mm).
		Avoine.			
Témoin 3 jours	202,8	390,5	679,3	22 871	–
» 4 »	308	569	954	21 988	15
» 5 »	409,4	679,5	1 152,1	21 268	22
Printanisées 37 »	403,5	785,7	1 035	16 517	22
» 65 »	760,7	1 989	2 705	13 169	22,5
		Blé.			
Témoin 4 jours	857	1 576	2 250	27 976	12
» 6 »	2 098	3 229	4 133	24 666	45
Printanisées 37 »	1 538	2 365	4 461	23 214	10
» 69 »	3 509	5 561	10 023	10 242	50
		Orge.			
Témoin 3 jours	416,6	935,1	1 433	21 481	12,5
Printanisée 39 »	1 325	2 081	3 888	10 185	13,5
		Seigle.			
Témoin 3 jours	616	1 185	1 741	18 200	10
» 4 »	687	1 275	1 805	16 870	27,5
Printanisées 39 »	1 708	3 117	4 382	10 752	22,5
» 72 »	1 739	3 437	4 608	9 869	55

([2]) Germées deux à quatre jours à 20° C. avec 35 à 50 % d'eau (suivant les espèces), puis mises au frigidaire à la température de 2° C.

Avant d'aborder l'étude de ce tableau, il importe de souligner que pour l'Avoine témoin ayant trois jours de germination, le coléoptile n'est pas apparu et qu'il ne mesurait que 2^{mm} chez l'Avoine printanisée de 37 jours.

L'examen de ces nombres montre, dans tous les cas, une augmentation de la quantité des glucides solubles dans les semences traitées par rapport aux témoins. Au contraire, les glucides insolubles (hydrolysables par SO_4H_2 à 1 % à 120°C pendant une heure et demie) diminuent beaucoup plus dans les semences printanisées. Cette diminution provient d'une part de la dégradation des polyosides en glucides solubles moins polymérisés (sous l'influence prolongée des diastases), et d'autre part, probablement, de la durée des phénomènes respiratoires. En outre, il est possible que des synthèses secondaires effectuées à partir des oses produisent de plus grandes quantités de substances utilisables : acide ascorbique par exemple.

Si nous comparons maintenant les résultats obtenus pour les semences entières de Blé avec ceux déjà signalés pour les embryons isolés, nous constatons la présence d'une quantité nettement plus importante de glucides solubles dans le grain entier que dans l'embryon isolé : 1000 embryons isolés de semences germées pendant quatre jours contiennent seulement 344^{mg},3 de sucres réducteurs libres, 656^{mg},2 de réducteurs après hydrolyse à l'invertase et 937^{mg},5 de réducteurs après hydrolyse acide, tandis que les semences entières à un état voisin de développement contiennent 857^{mg} de réducteurs libres, 1576^{mg} de réducteurs après hydrolyse à l'invertase et 2250^{mg} de réducteurs après hydrolyse acide. Cette différence montre qu'il y a accumulation de glucides solubles non seulement dans l'embryon, mais aussi dans l'albumen, pendant la germination et pendant le traitement de printanisation. Cette accumulation plus importante après le traitement serait, semble-t-il, due aux polyosides hydrolysés par les enzymes qui agissent pendant plus longtemps.

En résumé, l'étude des glucides effectuée sur des semences de céréales montre que le traitement de printanisation provoque une accumulation de sucres solubles à la fois dans l'embryon et dans l'albumen. On constate au contraire une diminution quantitative des polyosides de réserve au profit non seulement des transformations en glucides moins polymérisés qui seront en partie utilisés pour la respiration, mais aussi, vraisemblablement, pour la réalisation de synthèses secondaires dont la nature et le rôle restent à déterminer.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Action de deux substances de croissance sur l'embryogénie du* Lychnis Githago *Scop.* Note de MM. **Pierre Crété** et **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. René Souèges.

L'influence éventuelle exercée par deux substances de croissance sur la segmentation de l'embryon a été recherchée sur une Caryophyllacée, le *Lychnis Githago* Scop. de la façon suivante : Quatre lots de plantes, cultivés dans le Jardin botanique de la Faculté de Pharmacie, ont été, le 21 juillet 1948,

injectés (¹) à la base de l'ovaire, dans le pédoncule des fleurs prêtes à s'épanouir. Le lot 1 témoin a reçu de l'eau distillée; le lot 2 de l'acide indolyl-3-propionique, le lot 3 de l'acide α-naphtyl-acétique; le volume injecté était de $0^{cm^3},05$, les solutions étaient au millième de molécule. Quant au lot 4, il n'a subi aucune injection. La récolte des fleurs s'est échelonnée de l'anthèse à la formation de la graine et l'on a suivi le développement de l'embryon.

Dans tous les cas, seule la cellule apicale *ca* du proembryon bicellulaire intervient dans

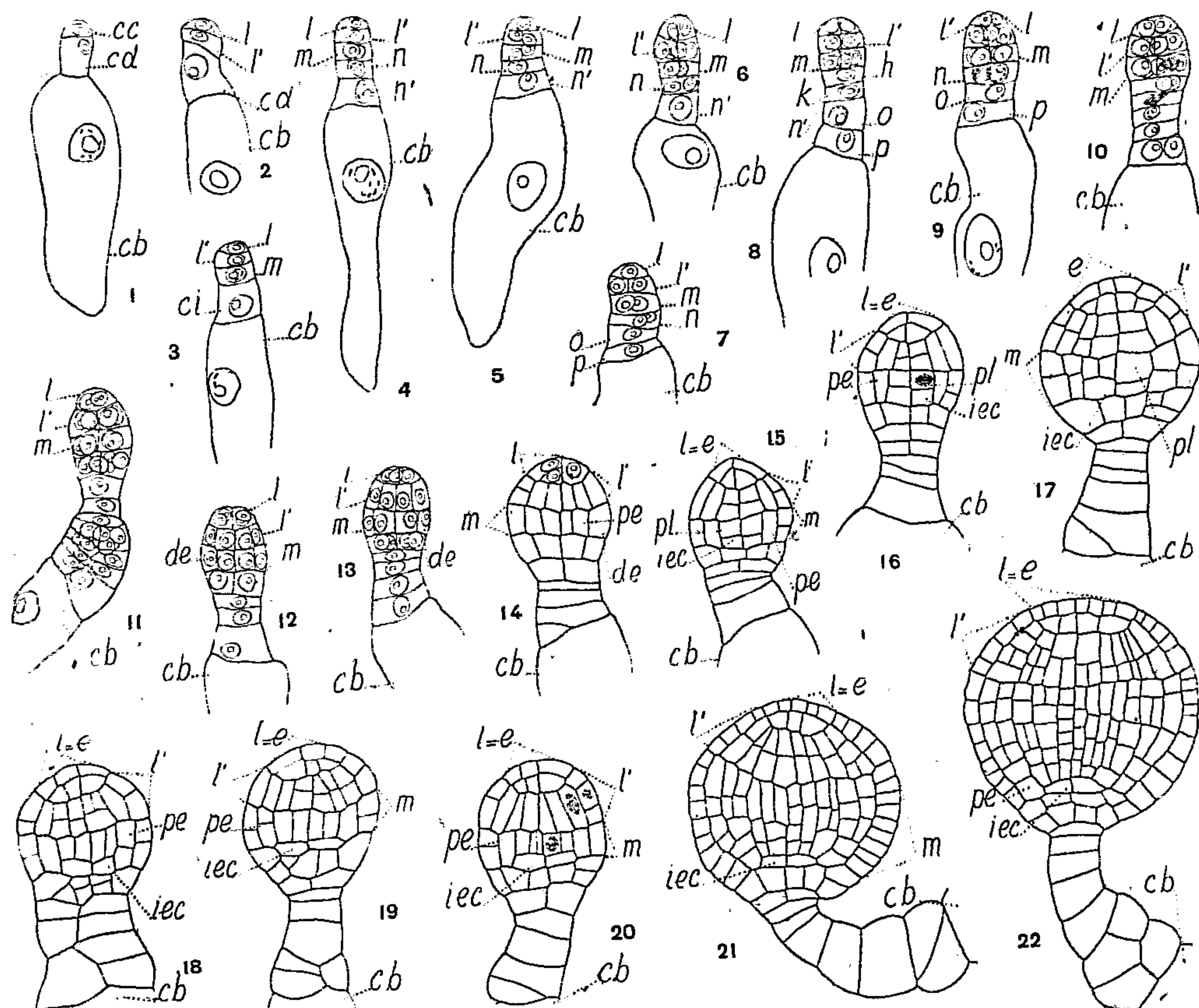


Fig. 1 à 22. — *Lychnis Githago* Scop. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *cc* et *cd*, cellules-filles de la cellule apicale et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, cellule-fille supérieure de *cc* ou épiphyse *e*; *l'*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie cotylée proprement dite; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie hypocotylée; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h* et *k*. cellules provenant de la division transversale de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 290.

l'édification de l'embryon proprement dit. Elle fournit d'abord une tétrade seconde du type linéaire, comprenant les étages *l*, *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 1 à 3). A partir de l'étage supérieur *l*, il se forme une épiphyse et à partir de l'étage *l'*, la partie cotylée. L'étage *m* donne l'axe hypocotylé et, par cloisonnement transversal des cellules circumaxiales, isolées lors de la différenciation du périblème, les initiales de l'écorce au sommet radiculaire *iec*

(¹) M.-M. Janot, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1358.

(*fig.* 15 et suivantes). L'étage *ci* se subdivise en deux nouveaux étages *n* et *n'*. L'étage *n* contribue à l'édification de la coiffe dans sa partie moyenne, soit directement (*fig.* 6 et 7), soit après division transversale en deux autres étages (*fig.* 8); dans ce dernier cas, c'est à partir de l'étage supérieur *h* que se constituent les éléments moyens de la coiffe, et l'étage inférieur *k* intervient avec les éléments issus de l'étage *n'* dans la construction de la partie supérieure du suspenseur. A sa base, le suspenseur est constitué par la cellule *cb* du proembryon bicellulaire, cellule indivise, uninucléée, mais différenciée en une vésicule haustoriale volumineuse.

L'examen du lot 4 n'ayant subi aucune injection démontre que celle-ci n'influence pas les lois du développement de l'embryon. Ces observations confirment, pour le moment, les conclusions antérieures de R. Souèges (2) sur les *Fragaria* de culture, c'est-à-dire que les procédés horticoles n'exercent aucune influence sur les processus de la segmentation.

Le *L. Githago* appartient à la sous-famille des Silénoïdées, dont un seul représentant le *Saponaria officinalis* L., avait été étudié jusqu'ici (3). Ces deux Silénoïdées obéissent, à quelques nuances près, à des lois embryogéniques identiques. Cependant c'est toujours la cellule *n* qui donne directement naissance aux parties moyennes de la coiffe chez la Saponaire, alors que cette région peut également prendre naissance à partir de la cellule-fille supérieure de *n* chez la Nielle des blés. Au niveau du suspenseur, la cellule *cb* ne se divise pas chez les *Lychnis*, alors qu'elle fournit une vésicule de deux éléments chez les *Saponaria*. La Nielle se distingue également par le pouvoir de prolifération observé fréquemment au niveau de la partie de son suspenseur, tirant son origine de la cellule *ci* de la tétrade seconde. Cette multiplication cellulaire s'est montrée particulièrement remarquable chez un embryon appartenant au lot 1 (témoin) (*fig.* 11); elle rappelle, par son importance, certains cas de polyembryonie constatée au niveau du suspenseur de certaines Campanulacées et Lobéliacées (4), (5). Les lois du développement chez les Silénoïdées sont identiques à celles qui président à l'édification du sporophyte chez les Caryophyllacées typiques, appartenant à la sous-famille des Alsinoïdées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Diverses réactions morphologiques et physiologiques des Champignons à l'action de l'oxygène.* Note de MM. **Philippe-Jacques Luteraan**, **Maurice Langeron** et Mme **Janine Méry**, présentée par M. Roger Heim.

Les organismes fongiques présentent, en aérobiose et sur milieu équilibré, une valeur souvent particulièrement basse de leur potentiel d'oxydo-réduction

(2) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 82, 1935, p. 458.
(3) P. Crété, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 111.
(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2009.
(5) P. Crété, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 85, 1939, p. 580.

cellulaire. Ils réduisent presque toujours le vert Janus, alors que cette réduction peut n'être pas obtenue en anaérobiose; d'ailleurs, le pouvoir réducteur est indépendant de l'existence d'un pouvoir fermentaire; il est maximum (1) chez des Champignons ayant un pouvoir lipoformateur élevé, par exemple chez *Candida lipolytica*, *Geotrichum candidum*, *Pullularia pullulans* qui sont azymatiques.

La synthèse de lipides, corps très réduits, autoxydables, tensio-actifs en même temps que solvants particuliers, fait défaut en anaérobiose; la lipogenèse est d'autant plus intense que la tension en oxygène est plus forte (2); finalement, les lipides sont excrétés.

L'aération intense favorise l'excrétion d'autres corps autoxydables : les pénicillines.

Chez les Rhodotorulacées, la persistance de la pigmentation liée au pouvoir antioxygène des lipides et des carotènes (3) est maximum lorsqu'il y a déséquilibre azoté (4), emploi du glycérol (5), de la leucine, de la tyrosine (4), du tryptophane, et lorsqu'il y a déshydratation du milieu de culture solide.

Pullularia pullulans ne présente pas de pigment mélanique sur milieu équilibré; la formation de ce dernier est provoquée par les mêmes facteurs que précédemment.

Tous ces facteurs : augmentation de la tension en oxygène, stimulation, du moins initiale, de la respiration, etc., rendent la lipogenèse maximum et provoquent l'immersion dans les milieux de culture solides (6), (7), (8).

Les tableaux suivants résument un ensemble de données acquises à ce sujet, montrant la variation inverse de la lipogenèse et de la production d'alcool éthylique dans ces conditions.

1. *Chez les Levures.*

	Immersion.	Filamentisation.	Lipogenèse.	Pouvoir antioxygène des lipides et des carotènes.	Fermentation.
Augmentation de la tension en oxygène.	+	+	+	+	—
Déséquilibre azoté	+	+	+	+	—
Emploi du glycérol	+	+	+	+	0
Leucine, tyrosine, tryptophane	+	+	+	+	— (9)
Déshydratation	+	+	+	+	0

(1) Fromageot et Bost, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1 008.
(2) Smedley Mac Lean et Hoffert, *Bioch. J.*, 17, 1923, p. 720.
(3) Ph. J. Luteraan, *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 832.
(4) J. Méry, *Ann. Par.*, 24, 1949, p. 1-2.
(5) Fromageot et Tchang, *Archiv. Mikrob.*, 9, 1938, p. 424.
(6) J. Méry et Ph. J. Luteraan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1 215.
(7) M. Langeron et Ph. J. Luteraan, *Ann. Par.*, 24, 1949, p. 1-2.
(8) Ph. J. Luteraan et M. Langeron, *Ann. Par.*, 24, 1949, p. 3-4.
(9) Béraud, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 708.

2. *Chez les Champignons filamenteux.*

	Immersion.	Lipogénèse.	Production de pigments mélaniques.	Respiration intra-moléculaire.
Augmentation de la tension en oxygène.	+	+	+	—
Déséquilibre azoté	+	+	+	—
Emploi du glycérol	+	+	+	o
Leucine, tyrosine, tryptophane	+	+	+	—
Déshydratation	+	+	+	o

+ = augmenté; — = diminué; o = nul.

Il y a *convergence physiologique* par action sur un facteur commun : le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire qui tend à être élevé au delà de sa valeur normale; l'emploi d'indicateurs colorés montre en effet que le vert Janus n'est plus réduit dans ces conditions.

Les organismes à potentiel d'oxydo-réduction cellulaire bas, notamment des levures, sont très sensibles à l'oxygène qui exerce normalement une action d'ordre catalytique sur la multiplication cellulaire et la protéogenèse; celle-ci est diminuée sous l'action des facteurs précités.

L'oxygène stimule d'autre part les déshydrogénations; en effet, en anaérobiose, l'acide lactique ne peut être déshydrogéné, les alcools ne peuvent être utilisés, ni les nitrates servir d'accepteur d'hydrogène chez les levures.

Donc, les manifestations décrites sont celles d'une *fonction antioxygène physiologique* : les champignons se dérobent à l'action de l'oxygène en s'immergeant; ils se débarrassent des corps autoxydables en les excrétant, ils freinent l'autoxydabilité des lipides par l'action antioxygène des lipides et des carotènes, etc. De toutes ces manifestations, la seule constante est la lipogenèse; on peut considérer que cette synthèse fait équilibre non seulement au catabolisme des glucides, mais au système desmolytique, c'est-à-dire à l'ensemble des processus de déshydrogénation et de transfert catalytique de l'hydrogène.

En raison de la variété, de l'importance et de l'intensité des processus de déshydrogénation en aérobiose, il semble, à première vue, que l'organisme ait surtout à réagir contre leurs excès. En fait, l'organisme fongique lutte moins contre les processus de déshydrogénation que contre l'oxygène qui les stimule.

Bien des manifestations morphologiques et physiologiques sont en rapport, chez les champignons, avec l'existence d'une fonction antioxygène qui paraît être générale chez l'ensemble des organismes vivants aérobies, aussi bien végétaux qu'animaux.

BIOLOGIE. — *Kystes ovariens et paraovariens et embryomes chez le Cobaye œstrogéné.* Note (*) de M. **Michel Mosinger**, transmise par M. Robert Courrier.

Chez le Cobaye, qui présente exceptionnellement des tumeurs spontanées et offre vis-à-vis des substances cancérigènes une grande carcino-résistance, suivant le terme que nous avons proposé, on peut relever, dans l'ovaire, des phénomènes de parthénogénèse spontanée et des placentomes (Lœb, 1905; R. Courrier, 1923; R. Courrier et Ch. Oberling, 1923; Branca, 1925; Lelièvre, Peyron et Corsy, 1927; L. Lœb, 1932; M. Athias, 1936). Ces placentomes ovariens, d'origine parthénogénétique, peuvent envahir le tissu environnant (Courrier et Oberling). On connaît également plusieurs cas d'embryomes spontanés de l'ovaire, chez le Cobaye (Montroni, 1930; Giordano, 1939; M. Athias, 1944). On peut se demander quel est le stimulus responsable de ces phénomènes. Or, nous avons montré, dans une série de publications antérieures, depuis 1942, que les substances œstrogènes produisent, chez le Cobaye traité pendant des mois et des années, des processus prolifératifs hyperplasiques et tumoraux de tissus très différents avec développement, outre les fibromes, des *conjonctivomes* multiples (histiocytomes, fibroblastomes, angiomes, léiomyomes), de tumeurs épithéliales multiples (adénomes mammaires, biliaires, prostatiques, sébacés. utérins), d'hyperplasies kystiques (mastose et métrose kystique) et de mélanomes bénins ([1]).

Il était donc intéressant d'étudier l'ovaire chez le Cobaye soumis à l'action prolongée de substances œstrogènes. En 1937, Champy a décrit, dans l'ovaire de divers mammifères œstrogénés, des phénomènes prolifératifs du *rete ovarii* et de l'épithélium germinatif avec production de kystes. En mars, 1947, nous avons décrit des kystes ovariens macroscopiques et microscopiques chez le Cobaye œstrogéné (1948). Ducuing, Bîmes (1948) ont confirmé cette observation.

Nous avons fait l'étude histologique des ovaires chez 33 cobayes traités plus de trois mois par des injections de benzoate ou de dipropionate d'œstradiol ou de diéthylstilboestrol.

1° L'épithélium germinatif de Balfour réagit aux injections répétées de substances œstrogènes par de l'hyperplasie avec pluristratification, métaplasie cylindrique, papillomatose et kystisation avec sclérose hypertrophique du cortex sous-jacent. D'autres territoires péritonéaux présentent les mêmes réactions (Mosinger, 1946).

2° Les tubes du *rete ovarii* présentent une distension kystique (comparable à celle que nous avons relevée au niveau de la glande mammaire, de la muqueuse utérine et des canaux biliaires), une élévation de hauteur de l'épi-

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) On trouvera les indications bibliographiques concernant ces sujets dans les *Arc. de Anatomia Patológica*, Coimbra, 33, 1945.

thélium et la production de kystes simples ou papillaires avec, parfois, métaplasie mucoïde. L'époophoron présente des réactions comparables. Nous avons décrit antérieurement des formations kystiques qui peuvent se développer dans les tumeurs de castration du Cobaye femelle, c'est-à-dire les conjonctivomes œstrogènes formés dans les moignons tubaires après castration.

Ces kystes prennent leur origine à partir d'invaginations péritonéales ou des restes de l'époophoron. Les kystes expérimentaux œstrogènes peuvent atteindre un volume considérable et égaler le volume d'un œuf de pigeon (deux cas) ou remplir la cavité abdominale (cobaye 343).

3. Des placentomes et des embryomes ont été relevés, dans cette série, chez deux de nos animaux. Le cobaye 381 présentait un blastocyste distendu avec, dans les vaisseaux ovariens environnants, des cellules plasmodiales immigrées. Le cobaye 478 ayant reçu, en l'espace de 14 mois, 77 injections de diéthylstilbœstrol avec une dose totale de $96^{mg},25$, offre, outre un fibrome géant de l'estomac, une hypertrophie notable de l'utérus rempli d'une masse tumorale polypeuse et une hypertrophie marquée des glandes mammaires, un volumineux embryome kystique de l'ovaire droit constitué presque uniquement par d'épais tubes nerveux embryonnaires revêtus de nombreuses couches de cellules à disposition neurospongiomateuse et de plages neurospongiomateuses présentant des rosettes vraies. Dans l'ovaire droit du même animal, on rencontre deux masses placentaires développées dans deux follicules différents et constitués par des cellules de van Beneden et de Langhans. En outre, presque tous les ovocytes rencontrés dans les follicules normaux ou en atrésie présentent, soit des phénomènes de dégénérescence avec homogénéisation éosinophile et vacuolisation, soit des processus de segmentation avec un stade de 4 cellules et 2 morula. Dans le même ovaire, l'épithélium germinatif prolifère avec aspect papillaire par hyperplasie simultanée du stroma ovarien.

Conclusions. — 1° Les substances œstrogènes qui stimulent la capacité proliférative de tous les mésothéliums d'origine cœlomique et du tissu conjonctif sous-jacent, stimulent également celle de l'épithélium germinatif, du *rete ovarii*, de l'époophoron et du tissu conjonctif cortical ovarien; 2° le rôle des substances œstrogènes à l'origine des kystes ovariens et paraovariens et des tumeurs papillaires et kystiques dites germinatives et wolffiennes de l'ovaire doit être pris en considération en pathologie humaine; 3° l'origine parthénogénétique des embryomes, comme celle des placentomes, est rendue tangible par ces observations; 4° le rôle des substances œstrogènes comme stimulus possible de la parthénogénèse *in vivo* mérite de plus amples recherches.

BIOCHIMIE. — *Métabolisme de l'amidon chez un flagellé sans chlorophylle incapable d'utiliser le glucose.* Note de M. **André Lwoff**, Mlles **Hélène Ionesco** et **Antoinette Gutmann**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

De nombreux flagellés appartenant à des groupes divers : Eugléniens, Polyblépharidés, Chlamydomonadines, Cryptomonadines, possèdent les caractères

suivants : absence de chlorophylle, synthèse d'amidon ou de paramylon, incapacité d'utiliser les sucres : glucose, maltose, saccharose, tréhalose, etc., comme aliment carboné. Des acides gras inférieurs, les acides lactique et pyruvique et des alcools ont été reconnus parmi les aliments carbonés utilisables. Le problème de la biosynthèse de l'amidon et de son utilisation par des organismes incapables de métaboliser le glucose méritait de retenir l'attention.

Le flagellé *Polytomella cœca*, en culture bactériologiquement pure, est cultivé à 24° dans le milieu suivant, oxygéné par barbotage d'air : $SO_4(NH_4)_2$, 1^g; acétate de Na, 1^g; éthanol, 3^{cm^3}; PO_4KH_2, $0^g,5$; SO_4Mg, $0^g,1$; thiamine, 10µg; eau bidistillée, 1^l; NaOH q. s. pour pH 6,8. On ajoute après stérilisation 10^{mg} de citrate ferrique. Huit litres de culture sont centrifugés et le culot, broyé avec du sable, est mis en suspension dans un tampon de phosphate M/100 de pH 7,0. Une centrifugation à 2000 tours élimine les grains d'amidon et divers débris cellulaires. Le liquide trouble qui surnage est centrifugé à 12000 tours pendant 7 minutes. Ce qui surnage renferme une amylase. Le culot contenant des granules visibles au microscope est repris dans du phosphate. Il possède une activité phosphorylasique : en présence de phosphate M/6 (pH 7,0) et d'amidon soluble, il y a disparition de P minéral et apparition de P estérifié. La fraction active n'est pas précipitée par $SO_4(NH_4)^2$ au tiers de saturation; elle est précipitée à demi-saturation ([1]).

Nous avons isolé, des préparations maintenues sous toluène 20 heures à 24°, un composé présentant les propriétés suivantes : le sel de Ba est soluble à pH 8,2; il est précipité par quatre volumes d'alcool. Il n'est pas précipité par le réactif ammoniaco-magnésien. L'hydrolyse libère du P minéral et un sucre réducteur qui a été identifié au glucose par la forme cristalline de son osazone et par l'action spécifique de la glucose oxydase (notatine). Le dosage par la méthode de Somogyi, exprimé en glucose, donne les mêmes résultats que le dosage par la notatine. Le phosphore et le glucose sont en quantités équimoléculaires. L'hydrolyse par HCl M/10 à 100° est complète en 7 minutes. Il s'agit donc de glucose 1-phosphate.

Si le culot actif est mis en suspension dans un tampon citrate en présence de glucose 1-phosphate et de dextrines (comme amorce), il y a apparition de phosphate minéral. La préparation n'ayant pu être débarrassée de traces d'amylase, il n'a pas été possible de démontrer la synthèse d'amidon. L'existence d'une phosphorylase est cependant hors de doute.

Le défaut d'utilisation du maltose et des autres disaccharides permet d'exclure l'hypothèse d'une biosynthèse de l'amidon par une amylomaltase ou une enzyme du même type. Si les flagellés possédaient une hexokinase et une phosphoglucomutase, ils seraient capables de synthétiser le glucose 1-phosphate à partir du glucose. L'absence de ces enzymes, ou d'une seule d'entre elles, suffit à expliquer le défaut d'utilisation du glucose. Le problème de la synthèse

(1) Un Mémoire paraîtra dans le volume jubilaire Otto Meyerhof (*Biochimica et Biophysica Acta*).

du glucose 1-phosphate à partir de l'éthanol ou de l'acide acétique comme point de départ n'a pas été abordé. On peut, en se fondant sur les données classiques, envisager que la condensation d'un triose et d'un triosephosphate interviendrait au cours de cette synthèse.

Quoi qu'il en soit, le flagellé *Polytomella cœca* possède une phosphorylase dont l'activité rend compte de la synthèse et de l'utilisation de l'amidon; il est possible toutefois que l'amylase intervienne aussi dans l'utilisation. On connaît des Eugléniens à chlorophylle qui sont, eux aussi, incapables d'utiliser le glucose. Le glucose n'est donc pas un intermédiaire obligatoire entre le CO_2 ou les composés carbonés organiques et les polysaccharides. Des organismes peuvent synthétiser l'amidon et l'utiliser sans que le glucose apparaisse dans ce cycle autrement que sous forme phosphorylée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Deshydrogénation du cyclohexane en benzène, à froid, par action diastasique.* Note (*) de M. **Adolphe Pacault** et Mme **Simone Carpentier**, présentée par M. Paul Pascal.

Afin de rechercher si l'action stathmocinétisante de certains dérivés aromatiques n'était pas due à la présence dans la molécule d'électrons π délocalisés conférant une forte anisotropie à la molécule qui peut devenir ainsi génératrice d'un champ électromagnétique, nous avons étudié l'action mitoclasique sur l'*alium cepa* de couples de dérivés aromatiques et saturés (benzène, cyclohexane; furanne, tétrahydrofuranne; pyrrol, pyrrolidine, etc.).

L'étude complète de la caryokinèse en présence de ces dérivés est publiée ailleurs.

Ayant trouvé, contrairement à notre attente, et conformément à des résultats antérieurs, que le cyclohexane avait une action faible mais certaine et que des stathmocinèses étaient présentes dans des racines ayant séjourné quatre heures dans une pseudo-solution de cyclohexane dans l'eau, nous nous sommes demandé si le cyclohexane, au sein du milieu vivant, n'avait pas été oxydé en benzène qui, lui, a une action stathmocinétisante nette.

L'expérience a prouvé qu'il en est bien ainsi.

A. On a étudié les spectres ultraviolets :

a. de l'eau du robinet utilisée pour les expériences biologiques;

b. de l'eau du robinet dans laquelle ont poussé des racines d'*alium;*

c. de la pseudo-solution de cyclohexane dans l'eau;

d. de la solution *c* dans laquelle des racines d'alium ont séjourné quatre heures;

e. de la solution *c* placée exactement dans les mêmes conditions qu'en *d*, mais dans laquelle aucune racine n'a été plongée.

Les spectres *a, b, c, e* sont de forme identique. Ces différents mélanges de substances *a, b, c, e* ont un spectre continu entre 3600 et 2000 Å.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

Le spectre *d*, au contraire, s'identifie au bout d'un certain temps au spectre du benzène.

B. Si l'on ajoute du cyclohexane à la solution *b*, il est partiellement transformé en benzène *in vitro*.

C. Lorsqu'on porte à l'ébullitton pendant quelques minutes la solution *b*, on observe la formation d'un précipité blanc d'allure cristalline; le filtrat placé dans les mêmes conditions qu'en B n'est plus apte à transformer le cyclohexane en benzène.

D. Le sulfure d'allyle, essence principale de l'ail, n'est pas responsable de ces phénomènes.

Les spectres de l'eau et des mélanges eau-sulfure d'allyle et eau-sulfure d'allyle-cyclohexane sont continus et n'accusent aucune bande.

Ces expériences et d'autres en cours, étude cinétique de la réaction, séparation des phases actives, étude d'autres racines, action sur d'autres carbures, etc., qui constitueront un mémoire d'ensemble publié sous peu, conduisent à penser que les racines d'*alium cepa* contiennent une lyo-enzyme, déhydrase thermolabile, capable de transformer le cyclohexane en benzène.

Remarquons donc que, dans ce cas, la plante sécrète un produit capable de développer chez elle des mitoses anormales à partir d'un corps inoffensif : le cyclohexane.

Cette découverte, en confirmant pleinement notre hypothèse de départ sur les causes de l'action stathmocinétisante de certains dérivés, incite une fois de plus à la prudence. On est le plus souvent impuissant à fixer le rôle biologique des composés chimiques, ignorant à quel stade de leur transformation naît leur activité.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le pouvoir antibiotique des cultures associées*. Note de MM. **Jacques Risler**, **Robert German** et **John Walter Clegg**, présentée par M. Paul Portier.

Dans une précédente Note [1], l'un de nous a montré qu'en cultures associées avec le B.K., l'*A Flavus* souche A.A.M.R. élabore une enzyme spécifique bactériostatique et bactériolytique vis-à-vis du bacille tuberculeux. Ainsi qu'il a été brièvement indiqué, l'apparition de cette enzyme complexe ne peut être déterminée que par le contact direct des deux micro-organismes.

C'est à ce titre, et en raison de l'orientation nouvelle que cette observation particulière et *constante* paraît être appelée à déterminer dans l'application de la technique du mécanisme antibiotique, que nous avons poursuivi, avec un intérêt croissant, l'étude de l'action *in vivo* du filtrat de la culture associée de la souche d'*A. Flavus* A.A.M.R. et du bacille tuberculeux.

Au cours des expériences qui suivent, et en vue de raccourcir la durée de la période d'incubation de l'infection tuberculeuse chez les animaux préalablement

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 983-985.

préparés, la quantité de B.K. inoculée aux cobayes a été portée à 1^{mg}. Voici brièvement résumés les résultats de ces expérimentations :

1° Le 12 octobre, 4 cobayes sont tuberculisés par inoculation sous-cutanée de 1^{mg} de B.K. humain virulent, souche Laisné, provenant du Laboratoire de la Tuberculose de l'Institut Pasteur. A partir du lendemain 13 octobre, chaque animal reçoit quotidiennement une dose de 5^{mg} de filtrat de culture associée, sous forme de poudre précipitée, rudimentairement purifiée et non concentrée. Le produit est dissous dans une solution de 6$^{cm^3}$ de sérum physiologique. Le 15 novembre, c'est-à-dire 33 jours après l'inoculation, on constate une légère infiltration ganglionnaire, à peine perceptible à la palpation. Cette réaction s'accentue les jours suivants, jusqu'à ce que les ganglions atteignent la grosseur d'un petit haricot. Dès l'apparition de ces symptômes, on a cessé le traitement. Cependant, dès le 25 novembre, on observe un commencement de diminution de volume des ganglions, qui au 3 décembre sont entièrement résorbés.

A l'autopsie, on remarque un minuscule amas granuleux à l'emplacement du ganglion. A l'examen microscopique, le frottis de cet amas a montré des cellules déformées, lysées et 3 B. K. granuleux. La rate est saine, rouge et sans aucune altération ni tache. Examiné au microscope, un frottis de la coupe ne montre aucun B. K. Le foie est sain, sans aucune tache ni trace de dégénérescence graisseuse. Les poumons sont normaux et roses. Aucune localisation visible.

2° Le 12 octobre, 4 autres cobayes sont inoculés dans les mêmes conditions et reçoivent le lendemain une dose *unique* de 25^{mg} de filtrat de culture associée, en solution physiologique.

On remarque les mêmes réactions que chez les animaux de la première série, mais un peu plus tardivement cependant. En réalité le commencement de l'infiltration ganglionnaire n'apparaît que vers le 36e jour. Pendant quelques jours, le volume des ganglions demeure sans changement, puis, le processus de résorption s'amorce et le 5 décembre, la réaction a complètement disparu.

3° 4 cobayes sont inoculés le 25 octobre, à l'aide d'une dose de 1^{mg} de B. K. humain virulent, souche Laisné provenant du Laboratoire de la Tuberculose de l'Institut Pasteur. Le 9 novembre, les animaux présentent déjà des ganglions avec abcès ouverts et purulents et œdème de la cuisse. En présence de cet état de tuberculose déclarée, on procède le 15 novembre à une injection *unique* de 20^{mg} de culture associée. Le 3 décembre, les abcès sont fermés et les ganglions apparaissent nettement en voie de régression.

Nota. — Au cours de ces trois séries d'expériences, 4 témoins ont été tuberculisés dans les mêmes conditions. A la date du 3 décembre, l'infection a déjà évolué selon ses manifestations classiques : les sujets présentent de gros ganglions avec abcès ouverts et purulents et œdème plus ou moins volumineux de la cuisse.

Observation d'un cas particulier. — En vue d'un essai comparatif avec le filtrat précipité, un cobaye tuberculisé à raison de 1^{mg} de B. K. humain, souche H. 37 RV., provenant du Laboratoire de Bactériologie du Brompton Hospital de Londres, reçoit le lendemain de l'inoculation une dose de 1$^{cm^3}$ du

liquide sous-mycélien d'une culture associée. Trois semaines après l'inoculation, l'animal présente un ganglion très volumineux de la grosseur d'une noix. Après 6 semaines, on constate une diminution progressive de cette grosse réaction ganglionnaire. Au 85e jour, sa résorption est presque complète et sa trace demeure à peine perceptible à la palpation.

Conclusions. — 1° Il est confirmé qu'en présence du B. K., l'*A. Flavus* souche A. A. M. R. élabore une enzyme complexe bactériostatique et bactériolytique vis-à-vis du bacille tuberculeux;

2° au cours de ces expérimentations, les doses de 25mg et de 20mg d'enzyme *injectées en une seule fois ont été plus bactériostatiques et bactériolytiques que la dose de* 160mg *injectée en* 32 *jours, à raison de* 5mg *par jour;*

3° à très faible dose non concentrée, l'enzyme de la culture associée est déjà remarquablement active en ce qui concerne le traitement de la tuberculose déclarée du Cobaye;

4° le mécanisme de l'activité physiologique du filtrat élaboré par la culture associée d'*A. Flavus* et du B. K. repose non seulement sur le pouvoir antibiotique direct du complexe enzymatique, mais aussi sur l'exaltation du pouvoir phagocytaire de l'organisme;

5° si l'on tient compte du fait que ces résultats ont été obtenus à l'aide d'une enzyme rudimentaire purifiée et non concentrée, on peut espérer, qu'après concentration selon les techniques usuelles, son activité physiologique pourra être encore augmentée.

BACTÉRIOLOGIE. — *Isolement d'une souche de virus grippal. Réaction du jeune Singe à l'inoculation intra-nasale de ce virus.* Note de M. **René Panthier**, Mlle **Geneviève Cateigne** et M. **Claude Hannoun**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours de l'épidémie de grippe actuelle, nous avons isolé, en décembre 1948, à partir du liquide de gargarisme d'un malade qui présentait des signes cliniques incontestables d'une grippe grave, une souche de virus à laquelle nous donnons le nom de D.48.

Cet isolement fut pratiqué par passage par voie amniotique dans l'œuf embryonné. Au quatrième passage, nous avons pu effectuer avec succès des inoculations par voie allantoïque à une dilution de 10^{-4}. Au cours de ces passages, le virus agglutinait à des dilutions plus élevées les globules de Cobaye que les globules de Poulet.

Nous avons démontré également la possibilité d'isoler directement le virus sur la Souris blanche grâce à la technique d'étude du lavage trachéal que nous avons décrite. Nous avons pu préciser ainsi l'origine et la formation des cellules grippales et confirmer la mise en évidence des maladies, dites inapparentes chez cet animal.

Il est important de noter que le furet inoculé avec du liquide de gargarisme ne montra aucun signe d'infection.

Nous avons tenté d'identifier le virus D.48. Son étude, à l'aide des sérums expérimentaux de lapins, a démontré sa non-identité avec les souches classiques A.PR8 ou A.WS et B. Lee.

Dans le sang du malade chez lequel fut isolé ce virus, on put mettre en évidence des anticorps contre la souche D.48 et non contre les souches A.PR8, A.WS et B. Lee. Le Dr Andrewes y décela aussi des anticorps vis-à-vis de la souche A-47 isolée en Angleterre. Ces résultats, joints aux premiers examens de sérums d'autres malades que nous avions pratiqués, ne permettent pas de classer cette souche dans le groupe B ni dans le groupe A.PR8, mais de la rapprocher du virus qui provoqua l'épidémie de 1947 en Angleterre.

Nous avons inoculé, par voie nasale, deux jeunes Cercopithèques callitriches (*Cercopithecus sabœus*) : l'un reçut $0^{cm^3},5$ de liquide allantoïque virulent, l'autre la même quantité de ce liquide dilué au 1/10.

Le premier singe fut sacrifié mourant, 40 heures après l'inoculation. L'autopsie révéla des lésions d'origine toxique : foie décoloré, poumons congestionnés avec début d'hépatisation d'un lobe. L'examen microscopique du liquide de lavage bronchique montra la présence, à côté de nombreux polynucléaires, de grandes cellules à noyau central bourrées de petites vacuoles, aspects analogues à ceux que nous avions constatés à l'examen du liquide de lavage trachéal d'un enfant de deux ans, mort brusquement d'œdème aigu du poumon au cours de cette épidémie.

Le deuxième singe fut sacrifié malade, en hypothermie, trois jours après l'inoculation. Le foie était également décoloré et nous avons été frappés par l'aspect du poumon analogue à celui des poumons du Lapin infecté expérimentalement avec les Rickettsies du typhus historique : poumon œdématié, hépatisation lardacée d'un lobe.

Le liquide de lavage bronchique agglutinait au 1/10 les globules rouges de cobaye et contenait de nombreuses cellules grippales typiques. Les frottis du lobe pulmonaire hépatisé contenaient une grande quantité de cellules pulmonaires déformées, vacuolaires, comparables en tous points aux cellules grippales trachéo-bronchiques.

Conclusions. — Au cours de l'épidémie actuelle, nous avons isolé, à partir d'un cas de grippe cliniquement incontestable, une souche de virus qui, en raison de ses caractères biologiques et de son action sur l'animal, ne peut pas être rattachée aux groupes des virus A PR8 ou B. L'inoculation de virus pur au jeune Singe a permis de réaliser expérimentalement une maladie comparable à la grippe foudroyante du nourrisson et du jeune enfant. L'inoculation d'une dilution au 1/10 provoque l'apparition d'une pneumonie lobaire à virus sans infection bactérienne secondaire.

A $15^h 30^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JANVIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur les* Phleum pratense *L. subsp.* alpinum *(L.) Asch. et Graebn. des Pyrénées.* Note (*) de M. **René de Litardière.**

Les envois que MM. Aylies et Leredde ont bien voulu nous faire l'été dernier de nombreux exemplaires vivants de *Phleum pratense* L. subsp. *alpinum* (L.) Asch. et Graebn. provenant de diverses régions des Pyrénées, nous ont permis de compléter les observations morphologiques et caryologiques que nous avions faites sur ce groupe ([1]). Ces nouvelles recherches ont abouti aux conclusions suivantes qui, en certains points, modifient un peu celles auxquelles nous étions arrivé ([2]).

1° Les caractères morphologiques sur lesquels sont basées les subdivisions systématiques chez le subsp. *alpinum* sont loin d'être constants.

Contrairement aux dires des auteurs, les plantes à épi court, subarrondi, ovale ou ovale-oblong, n'ont pas toujours l'arête des glumes non ciliée. Nous avons sous les yeux des exemplaires provenant du Petit Vignemale, vers 2700^{m}, qui, bien que présentant des arêtes manifestement ciliées, offrent l'épi court ($11\text{-}17 \times 8^{mm}$) des *commutatum* les plus typiques. C'est là, semble-t-il, un caractère purement stationnel que montrent notamment les plantes croissant à haute altitude. On observe d'ailleurs toutes les transitions entre les épis

---

(*) Séance du 24 janvier 1949.

([1]) Voir *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1327-1329.

([2]) Rappelons que nous avions distingué dans le subsp. *alpinum*, en ce qui concerne les plantes appartenant au domaine de la flore continentale française, les subdivisions suivantes : Var. *eu-alpinum* R. Lit. = *P. alpinum* L. emend. Gaud. $2n = 14$. Épi ovoïde-cylindrique; glumes à arête ciliée-velue. Var. *Ayliesianum* R. Lit. $2n = 14$. Épi plus court; glumes à arête scabre, non ciliée. Var. *tenue* (Kunth) R. Lit. = *P. commutatum* Gaud. $2n = 28$. Épi et arête des glumes comme dans la race précédente.

subarrondis et ceux nettement cylindriques qui peuvent atteindre 3^cm,5 (par exemple chez des plantes croissant dans les pelouses près de la rive Est-Sud-Est du lac Vert, dans le Luchonnais).

Le caractère jugé le plus important par les auteurs pour distinguer deux groupes autonomes (considérés même par plusieurs comme spécifiquement distincts : *P. alpinum* L. emend. Gaud. et *P. commutatum* Gaud.), à savoir celui de la vestiture de l'arête des glumes, nous est apparu comme possédant une *très faible valeur systématique*. Il est en effet impossible, dans certains cas, de tracer une limite nette entre les individus dont l'arête des glumes n'est pas ciliée, mais simplement scabre, et ceux à arête ciliée. Par exemple dans un exemplaire provenant du versant Ouest du Mont Pelat, près du lac d'Orédon, nous avons constaté, en étudiant tous les épillets d'un épi, qu'à côté d'épillets (les plus nombreux) dont les glumes ont des arêtes simplement scabres, il s'en trouve dont les arêtes glumaires sont ciliées tantôt seulement à la base, tantôt jusqu'au quart, jusqu'au tiers de leur longueur, exceptionnellement jusqu'à la moitié, parfois même l'arête d'une glume est ciliée, celle de l'autre glume ne l'est pas. Des variations analogues affectent notamment des plantes croissant au voisinage du lac Vert. C'est donc avec raison que Briquet ([3]) accordait seulement le rang de sous-variété aux types à arête ciliée, subvar. *typicum* (Beck) Briq., et à arête non ciliée, subvar. *commutatum* (Gaud.) Briq., du fait qu'ils sont reliés par des formes de passage.

2° Le nombre chromosomique $2n=14$ n'est pas toujours caractéristique des plantes dont les glumes ont l'arête ciliée (*P. alpinum* L. emend. Gaud.). Nous avons signalé ([4]) avoir constaté ce nombre chez une plante croissant dans la vallée du Marcadau, près du refuge Wallon, et que nous avions nommée var. *Ayliesianum* R. Lit., considérant qu'elle offrait à la fois les caractères morphologiques du var. *tenue* (Kunth) R. Lit. (= *P. commutatum* Gaud.) et les caractères chromosomiques du var. *eu-alpinum* R. Lit. (= *P. alpinum* L. emend. Gaud.). Il s'ensuit, comme nous le disions ([5]), que la distinction spécifique faite en particulier par les auteurs suédois et anglais entre les *P. alpinum* et *commutatum* est inacceptable; bien plus, nous n'arrivons pas à tracer de *limite nette* entre les deux types, tant du point de vue morphologique que chromosomique.

Au cours de nos recherches nous avons trouvé une plante tétraploïde ($2n=28$) correspondant au type *commutatum* des auteurs; elle provenait du col du Puymorens (Pyrénées-Orientales), où elle croissait dans les pelouses à *Nardus*, en compagnie d'individus diploïdes ($2n=14$) se rap-

---

([3]) *Prodr. fl. corse*, 1, 1910, p. 80.
([4]) *Loc. cit.*, p. 1327-1328.
([5]) *Loc. cit.*, p. 1328.

portant à notre var. *Ayliesianum,* dont d'ailleurs elle est morphologiquement inséparable.

Le *Phleum pratense* subsp. *alpinum* comprend effectivement deux races chromosomiques, l'une diploïde, l'autre tétraploïde, cette dernière paraissant beaucoup plus rare dans les Pyrénées ([6]); mais nous nous trouvons, tout au moins actuellement, dans l'impossibilité d'assigner à chacune d'elles des *différences morphologiques constantes.* Comme chez diverses autres plantes, il apparaît donc ici qu'à des caractères chromosomiques différents ne correspondent pas des particularités morphologiques et que les *races chromosomiques* ne sont pas morphologiquement distinctes.

Il est particulièrement intéressant de noter que chez le *P. pratense* subsp. *alpinum* il n'existe pas de relation entre la taille des individus et le nombre de leurs chromosomes; contrairement à une règle, qui souffre certainement bien des exceptions, *les plantes diploïdes sont souvent beaucoup plus vigoureuses que les tétraploïdes.* Ce cas est très net par exemple en ce qui concerne des spécimens, tous à $2n = 14$, de la région d'Orédon et surtout du lac Vert. Dans ces deux derniers qui forment de grosses touffes, les chaumes, raides et épais, atteignent 45^{cm} de haut, les feuilles culmaires inférieures 6^{mm} de large, les épis $3^{cm},5 \times 1^{cm}$.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Constantin Dawidoff** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Johan Hjort,* décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère des Travaux Publics et des Transports. *Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national en* 1945. — *en* 46 (planches et texte).

2° Bureau d'études géologiques et minières coloniales. *Carte géologique internationale de l'Afrique.* Feuille n° 4.

3° *Le bouturage et les substances de croissance synthétiques,* par E. J. B. Verleyen (thèse).

4° *Max Planck in seinen Akademie-Ansprachen.* Erinnerungsschrift der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

([6]) La première constatée dans 7 localités qui sont réparties dans les Pyrénées-Orientales, l'Ariège, la Haute-Garonne et les Hautes-Pyrénées, la seconde dans une seule localité des Pyrénées-Orientales.

5° *The motions of the Moon and the Sun at the solar eclipse of* 1945, *July* 9 *th*, by KARL F. SUNDMAN.

6° *Communications de l'Observatoire royal de Belgique*. N° 1.

Il signale également un fascicule polycopié : *Compte rendu des travaux du VIIe Congrès séricicole international, Ales-France*, 7 *au* 13 *juin* 1948 (présenté par M. Roubaud).

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'approximation des nombres irrationnels.* Note (*) de M. **NIKOLA OBRECHKOFF**, présentée par M. Émile Borel.

D'après un théorème classique de Lejeune-Dirichlet, à chaque nombre réel ω et à chaque nombre réel $t \geqq 1$ il correspond au moins deux nombres entiers x, $1 \leqq x \leqq t$ et y, tels que l'on a

$$|\omega x - y| < \frac{1}{t}.$$

Nous démontrons un résultat plus précis. Évidemment, on peut se borner au cas où $0 < \omega < 1$.

I. *Soit* ω, $0 < \omega < 1$, *un nombre réel arbitraire et soit* n *un nombre entier positif. Alors il existe deux nombres entiers* x *et* y, $1 \leqq x \leqq n$, *tels que l'on a*

$$(1) \qquad |\omega x - y| \leqq \frac{1}{n+1}.$$

On a le signe d'égalité seulement dans le cas où $\omega = a_i/(n+1)$, $a_1 = 1$, $a_2, \ldots, a_{k-1}, a_k = n$ $[k = \varphi(n+1)]$ *étant les nombres entiers plus petits que* $n+1$ *et premiers avec ce nombre.*

On a de plus, si ω *est en dehors des intervalles*

$$\left[\frac{1}{n+1} - \frac{1}{(n+1)(n+2)}, \frac{1}{n+1} + \frac{1}{(n+1)(n+3)}\right],$$
$$\left[\frac{a_i}{n+1} - \frac{1}{(n+1)(n+3)}, \frac{a_i}{n+1} + \frac{1}{(n+1)(n+3)}\right] \qquad 2 \leqq i \leqq k-1,$$
$$\left[\frac{n}{n+1} - \frac{1}{(n+1)(n+3)}, \frac{n}{n+1} + \frac{1}{(n+1)(n+2)}\right],$$

on peut remplacer l'inégalité (1) *par*

$$|\omega x - y| < \frac{1}{n+2}.$$

La démonstration est basée sur une suite spéciale de Farey,

$$\frac{p_0}{q_0} = \frac{0}{1}, \quad \frac{p_1}{q_1} = \frac{1}{n+1}, \quad \frac{p_2}{q_2}, \quad \ldots, \quad \frac{p_{s-1}}{q_{s-1}}, \quad \frac{p_s}{q_s} = \frac{n}{n+1}, \quad \frac{p_{s+1}}{q_{s+1}} = \frac{1}{1},$$

(*) Séance du 24 janvier 1949.

qui possède les propriétés suivantes : entre les deux nombres q_i, q_{i+1} $(1 \leqq i \leqq s)$ l'un ne surpasse pas n et l'autre surpasse n et $q_i + q_{i+1} \geqq n + 3$.

On peut démontrer la première partie du théorème I en s'appuyant sur le principe de Lejeune-Dirichlet, modifié sous la forme suivante (1) : sur un segment E de longueur l se trouvent n segments dont la somme des longueurs est égale à l, les segments pouvant être composés de parties différentes. Alors il y aura au moins deux segments qui auront des points communs intérieurs où tous ces segments remplissent le segment donné. On a un énoncé semblable pour des domaines à plusieurs dimensions. Parmi les résultats que nous avons obtenus, citons le suivant :

II. *Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_m$ des nombres réels arbitraires et n un nombre entier positif. Alors il existe des nombres entiers $x_1, x_2, \ldots, x_m$, $|x_i| \leqq n$, $1 \leqq i \leqq m$, non tous nuls et un nombre entier Z tels que l'on a*

$$|\omega_1 x_1 + \omega_2 x_2 + \ldots + \omega_m x_m - Z| \leqq \frac{1}{(n+1)^m}.$$

On a le signe d'égalité seulement dans le cas où les nombres ω_i, $i = 1, 2, \ldots, m$ sont égaux à

$$\frac{\lambda_1}{n+1}, \quad \frac{\lambda_2}{(n+1)^2}, \quad \ldots, \quad \frac{\lambda_m}{(n+1)^m},$$

où $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_m$ sont des nombres entiers premiers à $n+1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation paramétrique des ensembles de vecteurs dans l'espace de Hilbert.* Note de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Paul Montel.

Un ensemble de vecteurs E(X), dans l'espace H, sera défini par un système orthonormal complet (e_i) et par un ensemble $E(c_i^n)$ de coefficients, avec $\sum_i^\infty |c_i^n|^2$ convergente (1), et sera noté $X^n = \sum_i^\infty c_i^n e_i$. Un ensemble de fonctions $c_i(t_1, t_2, \ldots, t_k)$, $i = 1, 2, \ldots$, représentera paramétriquement un vecteur en chaque point T d'un domaine D, $T(t_1, \ldots, t_k) \subset D$ où $\sum_i^\infty |c_i(T)|^2 \ldots (2)$ converge. $X(T) = \sum_i^\infty c_i e_i$ sera dite fonction représentative (et notée f. r.) de l'ensemble de vecteurs (qui peut être l'espace entier H). La condition *nécessaire* de la convergence forte (notée c. ft.) et faible (notée c. fb.) étant la

(1) Pour une autre forme du même principe on peut voir le travail de M. E. Borel, *Journal de Mathématiques pures et appliqués*, 9, 1908, p. 329 et aussi A. Khintchine, *Les succès des Sciences mathématiques* (en russe), (25), 3, 1948, p. 10.

convergence des coordonnées, $c_i^n \to c_i$, $n \to \infty$, pour chaque i [je suppose (1) valable pour tout c_i^n, sauf peut-être pour c_i], la f. r. permet d'établir un critère homogène pour la c. ft. et la c. fb., et fournit, entre autre l'analyse immédiate des diverses c. fb. décrites par M. G. Julia (1).

I. Les coordonnées c_i^n d'une suite X^n étant données, soit un ensemble infini de fonctions $x_i(t)$, définies et continues pour $t \subset I_{a,b}$, et telles que pour chaque $i = 1, 2, \ldots$, on ait $x_i(t_n) = c_i^n$; $x_i(t_0) = c_i$; $x_i(t)$ monotone pour $t_n < t < t_{n+1}$; $\sum_i^{\infty} |x_i(t)|^2 \ldots$ (3) convergente pour $t_1 \leqq t < t_0$. Les X^n sont finis, mais pas nécessairement bornés dans leur ensemble; $X(t)$ est de première classe de Baire. Compte tenu du

Lemme. — *La limite d'une suite croissante de fonctions semi-continues inférieurement est une fonction semi-continue inférieurement*, dont la démonstration est immédiate, on montre que

1. Si la limite d'*une suite partielle quelconque* $\lim X(t_{n_p}) = A$, $t_{n_p} \to t_0$ est finie, on a $\Sigma |x_i(t_0)|^2 = |X^0|^2 < \infty$. Je dirai que X^n converge faiblement au sens de Hilbert (c. fb. H) vers X^0. [$X(t)$ est semi-continue inférieurement.]

2. Si $X(t)$ est continue en t_0 ($\|X\|^2$ l'est aussi) la convergence de (3) est uniforme. La convergence des normes est assurée et on a la c. ft.

3. Si $X(t)$ est discontinue en t_0, 1 étant admis, on a la c. fb. D'où l'énoncé : *une suite de vecteurs X^n converge si les coordonnées convergent et si au moins une suite partielle X^{n_p} admet une limite finie pour $n_p \to \infty$* [f. r. $X(t^{n_p} \to t_0) = A < \infty$]; *pour que la convergence soit forte, il faut et il suffit que $X(t)$ soit continue en t_0; pour que la convergence soit faible, il faut et il suffit que $X(t)$ soit discontinue en t_0.*

4. Si toute suite partielle admet une limite finie, les X^n sont bornés dans leur ensemble. C'est la convergence faible habituellement adoptée, un peu plus restreinte que la c. fb. H définie dans 1.

II. L'oscillation ω de $X(t)$ permet d'étudier la convergence ft. et fb. On a c. ft. $M\omega = m\omega = 0$; c. fb. $M\omega > m\omega = 0$; $M\omega = m\omega > 0$, $M\omega > m\omega > 0$; on retrouve les résultats de M. G. Julia (2).

Plus généralement, tout ensemble de vecteurs représentable par une f. r. $X(t)$ de première classe de Baire, finie, mais pas bornée, admet un ensemble résiduel sur $T \subset D$ et sur $E(X)$ de *points de c. ft.*

L'étude complète de la convergence pourrait se faire par une suite de décompositions de Baire de l'ensemble $E(T) \subset D$ suivant les ε_n décroissants. Les notations étant celles de Baire, posons

$$E(T) = P = \Sigma[\Sigma(P_\gamma^\nu - P_\gamma^{\nu+1}) + P_\gamma^\Omega - P_{\gamma+1}].$$

(1) *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 97-100 et **218**, 1944, p. 376.

(2) Voir *Comptes rendus*, **216**, *loc. cit.*

La répartition complète de points de convergence ft. et fb. et la nature de cette dernière sont déterminées par l'appartenance des points t_n, $n = 1, 2, \ldots$, et t_0 des suites considérées aux différents ensembles partiels $P^{\nu}_{\gamma} - P^{\nu+1}_{\gamma}$ et $P^{\Omega}_{\gamma} - P_{\gamma+1}$.

Remarque. — Un point de c. ft. relatif à une décomposition ε_n pourrait devenir point de c. fb. pour une décomposition $\varepsilon_{n'} < \varepsilon_n$; la notion de *convergence forte à* ε *près* s'introduit naturellement.

III. Les fonctions de k variables séparément continues $x_i(t_1 \ldots, t_k)$ sont de première classe de Baire et quasi continues. $|X(T)|^2 = \sum_i^{\infty} |x_i(T)|^2 \ldots (4)$ et $X(T)$ sont de première classe de Baire (Kempisty). Précédemment (¹), j'ai démontré que $x_i(t_1, t_2, \ldots, t_k)$ admet k réseaux orthogonaux R_k, de droites de continuité de x_i, réseaux partout denses dans D et parallèles aux axes de coordonnées; il existe aussi un $\overline{R}_k \subset R_k$, composé de k réseaux qui se coupent formant un quadrillage à k dimensions; une suite dénombrable des x_i admet un $\overline{R}_{k,\infty}$ commun à tous les x_i. Il s'ensuit que :

1° Si (4) converge, les points de c. ft. sont partout denses dans D, dans $E(x) \subset H$ et sur $\overline{R}_{k,\infty}$;

2° Si (4) converge uniformément, on a la c. ft. en tout point de continuité de $X(T)$ et, notamment, sur $\overline{R}_{k,\infty}$;

3° Il suffit que (4) converge uniformément pour $T(t_1, \ldots, t_k)$ variant sur sur $\overline{R}_{k,\infty}$, pour qu'on ait la c. ft. de toute suite $\{X^n\}$ situés sur $\overline{R}_{k,\infty}$;

4° Dans les cas 2° et 3°, quand chaque t_j ($j = 1, 2, \ldots k$) parcourt alternativement son domaine de définition, les autres variables restant fixes, la norme du vecteur $X(t_1, t_2 \ldots, t_k)$ décrit k variétés H de points de c. ft., variétés qu'on peut approcher uniformément à ε près par des familles d'hyperquadriques $\left| \sum_i^m |x_i(t_1, \ldots, t_n)|^2 - |X(t_1, \ldots, t_k)|^2 \right| < \varepsilon$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème mixte pour le plan muni de coupures rectilignes alignées.* Note de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans un Mémoire (¹) publié en 1943 nous avons indiqué, dans un cas particulier, un procédé permettant de résoudre le problème harmonique de Dirichlet pour un domaine multiplement connexe formé par le plan tout entier limité par plusieurs segments-frontière (a_j, b_j), $j = 1, 2, \ldots, p$, situés sur l'axe réel, et qu'on désignera par C_j. Soit $U(x, y)$ la fonction harmonique,

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 17.

(¹) *Mathematica*, 19, 1943, p. 106.

régulière, dans ce domaine, qui doit prendre les valeurs limites $f_j^+(x)$ et $f_j^-(x)$ sur les côtés positifs C_j^+ et négatifs C_j^- des coupures. Posons

$$F(z) = U(x, y) + iV(x, y),$$

$V(x, y)$ étant l'une quelconque des conjuguées harmoniques de $U(x, y)$. Les conditions d'uniformité de $F(z)$ sont

$$(1) \qquad \int_{C^+} \frac{f^+(x) + f^-(x)}{\sqrt{P(x)}} x^{r-1}\, dx = 0 \qquad (r = 1, 2, \ldots, p-1),$$

où $P(z) = \prod_{j=1}^{p}(z - a_j)(z - b_j)$, la détermination du radical étant suivie par continuité. On a désigné pour abréger par C l'ensemble des C_j et par $f(x)$ les valeurs aux limites sur C. Les conditions (1) s'obtiennent par application de formules données ailleurs (2). On en déduit immédiatement la solution du problème lorsque $f^+(x) + f^-(x) = 0$. Le cas où $f^+(x) = f^-(x)$ se ramène ensuite aisément au premier et au problème auxiliaire où les données se réduisent à des constantes, d'où résulte enfin la solution du cas général. Une autre méthode de résolution du problème a été donnée récemment par M. H. Hornich (3). M. B. Epstein (4) en a ramené la résolution à une équation intégrale singulière.

2. Nous avons généralisé le problème plan de Dirichlet en cherchant à déterminer une fonction $F(z) = U(x, y) + iV(x, y)$, régulière en chaque point d'un domaine multiplement connexe, limité par des courbes $C_j (j = 1, 2, \ldots, p)$ et $D_k (k = 1, 2, \ldots, q)$, connaissant les valeurs limites de $U(x, y)$ sur les C_j, ainsi que celles de $V(x, y)$ sur les D_k (5). On peut également expliciter la solution de ce problème lorsque les C_j et les D_k se réduisent à des segments alignés, non empiétants, situés par exemple sur Ox, le domaine étant alors le plan tout entier muni des coupures C_j et D_k. Soient $a_j < b_j (j = 1, 2, \ldots, p)$ et $c_k < d_k (k = 1, 2, \ldots, q)$ les abscisses des extrémités des segments C_j et D_k. Posons $P(z) = \prod_{j=1}^{p}(z - a_j)(z - b_j)$, $Q(z) = \prod_{k=1}^{q}(z - c_k)(z - d_k)$. Désignons par C^+ l'ensemble des côtés positifs des C_j, par D^+ celui des côtés positifs des D_k, par C^- et D^- les ensembles des côtés négatifs correspondants, par $f^+(x)$ et $f^-(x)$ les valeurs limites bornées et intégrables prescrites pour $U(x, y)$ sur C^+ et C^- et par $g^+(x)$, $g^-(x)$ les valeurs limites de $V(x, y)$

(2) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, 18, 1939, p. 363.

(3) *Rendiconti dei Lincei*, 3, 1947, p. 63.

(4) *Quarterly of Applied Mathematics*, 6, 1948, p. 301.

(5) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2225; *Mathematica*, 11, 1935, p. 58.

sur D^+ et D^-. Les conditions d'uniformité de $F(z)$ sont alors les suivantes

$$(2)\quad i\int_{C+}\frac{f^+(x)+f^-(x)}{\sqrt{P(x)}}x^{j-1}\,dx-\int_{D+}\frac{g^+(x)-g^-(x)}{\sqrt{P(x)}}x^{j-1}\,dx=0,\qquad (j=1, 2, \ldots, p-1),$$

$$(3)\quad \int_{C+}\frac{f^+(x)-f^-(x)}{\sqrt{Q(x)}}x^{k-1}\,dx-i\int_{D+}\frac{g^+(x)+g^-(x)}{\sqrt{Q(x)}}x^{k-1}\,dx=0,\qquad (k=1, 2, \ldots, q-1),$$

où les éléments imaginaires n'entrent qu'en apparence. Ici encore $\sqrt{P(x)}$ et $\sqrt{Q(x)}$ sont à prendre avec les déterminations suivies par continuité.

Supposons qu'on ait (4) $f^+(x)=f^-(x)$, $g^+(x)=-g^-(x)$. Alors, les conditions (3) sont satisfaites d'elles-mêmes. Admettant que les conditions (2) correspondantes, que nous désignerons par (2'), le soient également, on aura comme solution du problème

$$(5)\qquad F_1(z)=\frac{1}{\pi}\sqrt{P(z)}\left\{ i\int_{C+}\frac{f^+(\xi)\,d\xi}{(z-\xi)\sqrt{P(\xi)}}-\int_{D+}\frac{g^+(\xi)\,d\xi}{(z-\xi)\sqrt{P(\xi)}}\right\},$$

qui est bien holomorphe à l'infini en vertu de (2'). Admettons maintenant que (6) $f^+(x)=-f^-(x)$, $g^+(x)=g^-(x)$. Alors, si les conditions (3') correspondantes sont encore remplies, on aura pour la solution $F_2(z)$ une expression analogue, à cela près que $P(z)$ sera à remplacer par $Q(z)$. La résolution du cas général se ramène facilement à celle de ces deux cas particuliers, suivie de celle du problème correspondant à des données constantes sur les C_j et les D_k, qu'on obtiendra par une combinaison linéaire à coefficients constants et réels des fonctions

$$G_j(z)=\int_{a_1}^{z}\frac{z^{j-1}\,dz}{\sqrt{P(z)}},\qquad H_k(z)=i\int_{c_1}^{z}\frac{z^{k-1}\,dz}{\sqrt{Q(z)}},\qquad \begin{cases} j=1, 2, \ldots, p-1,\\ k=1, 2, \ldots, q-1.\end{cases}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'unicité des solutions du problème de représentation conforme de Helmholtz (cas des obstacles non lisses)*. Note de M. **Roger Huron**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note récente (1) nous avons signalé des cas d'unicité des solutions du problème de représentation conforme de Helmoltz posé pour des obstacles polygonaux. Nous nous proposons d'étendre ces résultats à des obstacles plus généraux. Pour les notations et les références on se rapportera à la Note précitée.

Nous supposons maintenant que l'obstacle $\widehat{BC}$ est formé d'arcs de courbes $\widehat{BP_1}$, $\widehat{P_1P_2}$, ..., $\widehat{P_{n-1}C}$ ayant chacun une courbure continue en chaque point. P_1P_2, ..., P_{n-1} sont les sommets des *pointes* de notre obstacle. Leurs abscisses curvilignes sont respectivement l_1, l_2, .., l_{n-1}. Soit $\psi(l)$(1)

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 290.

l'équation intrinsèque de $\widehat{BC}$, nous supposons toujours

$$0 \leqq \psi(l) \leqq \pi, \qquad \psi(\alpha) \neq \pi, \qquad \psi(\beta) \neq 0,$$

et nous posons

$$\psi(l_j + 0) - \psi(l_j - 0) = \pi(2\alpha_j - 1) \qquad (j = 1, 2, \ldots, n-1).$$

On sait (*cf* K_2 p. 265) que, dans ce cas, le problème du sillage admet au moins une solution vérifiant outre le système (1) de notre Note précédente l'équation

$$l(s) = \int_0^s e^{-T(e^{i\gamma})} |df| + \alpha.$$

Cette équation, et le système (1) de la Note précitée sont maintenant équivalents à une *équation fonctionnelle* unique du type Schauder-Leray

$$x = \mathcal{F}[x, \psi(e), l_1, l_2, \ldots, l_n; \alpha\beta\, d_1\, d_2],$$

x désignant un élément de l'espace abstrait

$$\mathcal{E}[l(s), a, b, s_1, s_2, \ldots, s_{n-1}].$$

Désignons par $E[l(s), 0, \pi]$ l'ensemble des fonctions définies sur le segment $(0, \pi)$ et vérifiant sur ce segment une condition de Hölder et posons

$$\| l(s) \| = \text{maximum de } | l(s) | + C,$$

où C désigne la plus petite constante de la condition de Hölder vérifiée par $l(s)$. Toute solution éventuelle $l(s)$ appartient à un espace E. Il résulte de K_2 (p. 262) que la transformation fonctionnelle $\mathcal{F}(x)$ est complètement continue dans une certaine hypersphère de l'espace $\mathcal{E}$ sur lequel elle opère.

Ceci posé, dans le cas où :

$$0 \leqq 1 - 2\alpha_j < 1 \qquad (j = 1, 2, \ldots, n-1),$$

c'est-à-dire où l'obstacle présente des pointes tournées vers le fluide vif, nous établissons, qu'au voisinage de chaque solution, $\mathcal{F}(x)$ admet une différentielle au sens de Fréchet. Il en résulte que les solutions sont isolées et que la théorie de l'indice topologique de MM. Schauder et Leray s'applique.

Dès lors le raisonnement se poursuit sans modifications essentielles comme il a été indiqué dans notre Note précédente. En définitive nous pouvons affirmer que le problème du sillage posé pour un obstacle courbe présentant des pointes, possède une et une seule solution dans les deux cas suivants :

a. L'obstacle est symétrique par rapport à l'axe du canal, ses pointes sont tournées vers le fluide vif, mais la concavité de ses arcs constitutifs est arbitraire.

b. L'obstacle est non symétrique, anguleux, convexe dans son ensemble par rapport au fluide vif.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les faisceaux de complexes linéaires*. Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

La présente Note fait suite à une Note récente ([1]), dont nous conserverons les notations.

I. 1° Soient Φ un faisceau de complexes linéaires satisfaisant aux conditions indiquées au début de la Note précitée; D une droite réelle *quelconque* ne rencontrant aucun des axes Δ_1, Δ_2 des complexes spéciaux de Φ; D' et D'' les conjuguées de D par rapport aux complexes λ' et λ'' de Φ, correspondant à des valeurs λ' et λ'' du coefficient λ. Les complexes de base de Φ sont quelconques, et λ' et λ'' sont différentes, chacune, des valeurs λ_1 et λ_2 relatives aux complexes spéciaux de Φ. Désignons par m, m', m'' les valeurs de λ correspondant aux complexes m, m', m'' de Φ comprenant respectivement D, D', D''. D' et D'' sont conjuguées par rapport à un complexe λ''' de Φ. On a

$$(\lambda_1, \lambda_2, m, \lambda') = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda', m') = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda'', \lambda'''),$$
$$(\lambda_1, \lambda_2, m, \lambda'') = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda'', m'') = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda', \lambda''').$$

2° La semi-quadrique Q_1 définie au paragraphe 1, 4° *a*, de la Note sus-indiquée est *sa propre figure polaire réciproque* par rapport à tout complexe non spécial de Φ.

3° Il est commode de prendre les axes rectangulaires de référence Ox, Oy, Oz sur les génératrices principales g_1, g_2 et la droite double H du cylindroïde S et de choisir, comme complexes de base de Φ, C_{p_1} et C_{p_2} dont les axes sont g_1 et g_2. Par hypothèse, les paramètres ν_1, ν_2 de C_{p_1} et C_{p_2} sont tels que $\nu_1 \neq 0$, $\nu_2 \neq 0$, $\nu_1 \neq \nu_2$. On a ici $\lambda_2 = -\lambda_1 \neq 0$.

Quand les complexes λ' et λ'' de Φ sont en *involution*, on a $\lambda'\lambda'' = \lambda_1^2$; d'où $m' = m''$; D' et D'' appartiennent à *un même* complexe de Φ.

Supposons maintenant $\lambda'\lambda'' \neq \lambda_1^2$, avec $\lambda' \neq \lambda''$. On a $m' \neq m''$. Soient D'_1 et D''_1 les conjuguées de D par rapport aux complexes de Φ en *involution* respectivement avec les complexes λ' et λ'' de Φ. D'_1 et D''_1 appartiennent respectivement aux complexes m' et m'' de Φ. Elles sont conjuguées, *comme* D' *et* D'', par rapport au complexe λ''' de Φ. D' et D''_1 sont conjuguées par rapport à un autre complexe λ'''_1 de Φ, et D'', D'_1 *aussi* sont conjuguées par rapport à ce dernier complexe. Et les complexes λ''' et λ'''_1 de Φ sont en *involution*.

Si les axes des complexes λ' et λ'' de Φ sont des génératrices *associées* de S, on a $\lambda'' = -\lambda'$, d'où $\lambda''' = -m$, quantité indépendante de λ'; les axes des complexes m et $\lambda''' = -m$ sont des génératrices *associées* de S. Si $\lambda'\lambda'' + \lambda_1^2 = 0$, on a $\lambda''' = -(\lambda_1^2/m)$, quantité indépendante de λ'. Les deux complexes $-m$ et $-(\lambda_1^2/m)$ de Φ sont en *involution*.

Soient $\overline{D}$ et $\overline{\Phi}$ les symétriques de la droite D et du réseau Φ par rapport au

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 712.

plan xOy; Q la quadrique qui comprend la semi-quadrique Q_1 relative à D et à Φ. D appartient au complexe $\overline{\mathcal{C}}$ de $\overline{\Phi}$, symétrique par rapport à xOy du complexe $\mathcal{C}$ de Φ comprenant $\overline{D}$.

Tout complexe de Φ est en *involution* avec tout complexe de $\overline{\Phi}$. *Les droites de* Q_1 *appartiennent au complexe* $\overline{\mathcal{C}}$.

Si D *n'est pas parallèle* à xOy, Q est un *hyperboloïde*; le centre de Q appartient à la *projection commune sur* xOy *des axes de* $\mathcal{C}$ *et de* $\overline{\mathcal{C}}$, et il en est encore ainsi pour toute droite, analogue à D, du même complexe $\overline{\mathcal{C}}$.

Si D est *parallèle* à xOy, Q est un *paraboloïde hyperbolique*. Quand D, parallèle à xOy, *ne rencontre pas* H, les axes de $\overline{\mathcal{C}}$ et de Q sont parallèles et situés dans un même plan parallèle à xOy. Quand D, parallèle à xOy, *rencontre* H, le paraboloïde Q est *équilatère* et les axes de $\overline{\mathcal{C}}$ et de Q sont *confondus*.

Pour toute droite parallèle à xOy et appartenant à $\overline{\mathcal{C}}$, l'axe du paraboloïde correspondant est donc parallèle à l'axe de $\overline{\mathcal{C}}$, ou confondu avec lui et situé dans le plan parallèle à xOy et passant par l'axe de $\overline{\mathcal{C}}$.

II. 1° Considérons deux complexes linéaires quelconques, $\mathcal{C}$ (non spécial) et $\mathcal{C}'$, et les conjuguées, par rapport à $\mathcal{C}$, des droites de $\mathcal{C}'$. Ces conjuguées forment un complexe linéaire $\mathcal{C}''$, *conjugué* de $\mathcal{C}'$ par rapport à $\mathcal{C}$. Les *axes* de $\mathcal{C}$, $\mathcal{C}'$, $\mathcal{C}''$ sont *perpendiculaires à une même droite qui les rencontre tous les trois*. Si $\mathcal{C}'$ et, par suite, $\mathcal{C}''$ sont *spéciaux*, leurs axes sont des droites *conjuguées* par rapport à $\mathcal{C}$. Quand l'axe de $\mathcal{C}'$, spécial ou non, est *confondu* avec celui de $\mathcal{C}$, il en est de même de l'axe de $\mathcal{C}''$; et si k, k', k'' sont les paramètres de $\mathcal{C}$, $\mathcal{C}'$, $\mathcal{C}''$, on a $k'k''=k^2$.

2° Les conjugués des complexes du faisceau Φ par rapport à tout complexe de Φ *appartiennent à* Φ. Deux complexes quelconques $\mathcal{C}'$ et $\mathcal{C}''$, non spéciaux, de Φ sont *conjugués par rapport à deux complexes non spéciaux de* Φ *qui sont en involution*. Les conjugués d'un complexe de Φ par rapport à deux complexes de Φ en *involution* sont *confondus*. Si $\mathcal{C}'$ et $\mathcal{C}''$ ont pour axes deux génératrices *associées* de S, ils sont conjugués par rapport à C_{p_1} et à C_{p_2}; d'ailleurs, $\mathcal{C}''$ est alors le *symétrique* de $\mathcal{C}'$ par rapport à g_1 et à g_2.

Les deux complexes *spéciaux* de Φ sont conjugués par rapport à tous les complexes non spéciaux de Φ.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Généralisation du critérium de stabilité de Nyquist.* Note (*) de MM. **Marcel Demontvignier** et **Paul Lefèvre**, présentée par M. Georges Darrieus.

L'équation caractéristique d'un système linéaire peut toujours se mettre sous la forme suivante :

$$(1) \qquad R(p)-\Lambda=0 \quad \text{avec} \quad R(p)=\frac{F_r(p)}{F_s(p)},$$

(*) Séance du 10 janvier 1949.

$F_r(p)$ et $F_s(p)$ étant des polynomes entiers de degré respectif r et s dont les coefficients des termes de degré r et s sont de même signe et Λ un paramètre pouvant provenir d'une mise en facteurs de polynomes élémentaires en p.

Le nombre N des solutions instables du système est égal au nombre de racines de l'équation (1) qui, dans le plan complexe de la variable p, ont leur image située dans le demi-plan réel positif. Ce demi-plan est borné par le contour d'exclusion Γ constitué par l'axe imaginaire et le demi-cercle à l'infini positif (*fig.* 1). Désignons par P le nombre de pôles du premier membre de (1)

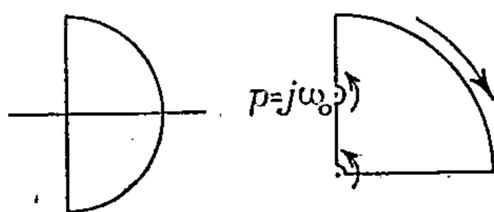


Fig. 1. Fig. 2.

situés à l'intérieur du contour Γ.

La théorie des fonctions analytiques donne la relation (2) $N-P=Q$ Q étant le nombre de tours que décrit, autour de l'origine, le point représentatif de $R(p)-\Lambda$ lorsque p décrit le contour Γ, Q étant compté positivement lorsqu'il y a concordance des sens de rotation.

Q désigne également le nombre de tours décrits, autour du point $(+\Lambda, 0)$, par le point représentatif de la fonction $R(p)$.

Lorsque les coefficients de l'équation (1) sont tous réels, la transformée conforme C de Γ par l'intermédiaire de $R(p)$ admet l'axe réel comme axe de symétrie. Il suffira donc, dans ce cas, de décrire la moitié du contour Γ et de compter le nombre Q de *demi-tours* décrits par C autour de $(+\Lambda, 0)$. La relation (2) reste valable, N et P conservant la même définition. Appliquons cette relation au cas où il existe des pôles à l'intérieur du contour Γ et sur l'axe imaginaire. Les équations à coefficients réels donnent, dans le cas le plus général, un pôle de multiplicité μ à l'origine et un certain nombre de pôles simples ou multiples sur le demi-axe imaginaire positif; à chacun de ces derniers correspond obligatoirement un pôle conjugué de même ordre de multiplicité sur le demi-axe imaginaire négatif.

Considérons le demi-contour de la figure 2. Nous décrirons autour du pôle à l'origine un quart de tour à distance infiniment petite et autour de chaque pôle, tel que $p=j\omega_0$ un demi-tour, également à distance infiniment petite.

Étudions les figures transformées de ces petits contours. La présence d'un pôle de multiplicité μ à l'origine signifie que l'on peut mettre la fraction $R(p)$ sous la forme $R(p)=[F_r(p)/p^\mu\Phi(p)]$.

Si nous évitons ce pôle, comme sur la figure 2, nous voyons immédiatement que le point représentatif de $R(p)$ décrit en même temps μ quadrants à l'infini, dans le sens rétrograde.

On voit de la même façon qu'à tout pôle de multiplicité quelconque situé

sur le demi-axe imaginaire positif, en dehors de l'origine, correspond un nombre de demi-tours à l'infini, dans le sens rétrograde, égal à son ordre de multiplicité; désignons par ϖ le nombre total des pôles de ce genre, chacun compté avec son ordre de multiplicité, il leur correspond ϖ demi-tours à l'infini dans le sens rétrograde.

Parcourons maintenant le demi-contour d'exclusion de la figure 2, il comprend :

a. le demi-axe imaginaire déformé infiniment peu, de manière à éviter les pôles; à ces derniers correspondent avec notre convention de signe $\varpi+(\mu/2)$ demi-tours à l'infini, donc aussi autour du point $(+\Lambda, 0)$.

D'autre part, la courbe représentative de $R(p)$ présente des parties dans le domaine fini ou rejoignant à l'infini les cercles correspondant aux pôles. Soit ν le nombre de tours décrits autour de $(+\Lambda, 0)$ lorsque ω varie de 0 à $+\infty$, ν étant compté positivement dans le sens des aiguilles d'une montre.

b. le quadrant à l'infini positif, auquel correspondent, si $r > s$, $r-s$ quadrants à l'infini, décrits dans le sens des aiguilles d'une montre et si $r < s$, $r-s$ quarts de tour à distance infiniment petite autour de l'origine; si $r-s=0$, au quadrant à l'infini correspond un point à distance finie sur l'axe réel.

La relation (2) donne dans ces conditions

$$(4)\quad \begin{cases} \text{si } r>s, & N-P=2\nu+\dfrac{r-s}{2}+\varpi+\dfrac{\mu}{2}, \\ \text{si } r\leqq s, & N-P=2\nu+\varpi+\dfrac{\mu}{2}. \end{cases}$$

Pour que le système (1) soit stable, il faut et il suffit que l'on ait $N=0$, c'est-à-dire

$$(5)\quad \begin{cases} \text{si } r>s, & \nu=-\left(\dfrac{\varpi}{2}+\dfrac{\mu}{4}+\dfrac{r-s}{4}+\dfrac{P}{2}\right), \\ \text{si } r\leqq s, & \nu=-\left(\dfrac{\varpi}{2}+\dfrac{\mu}{4}+\dfrac{P}{2}\right). \end{cases}$$

THÉORÈME. — *Pour que l'équation caractéristique* $R(p)-\Lambda=0$ *corresponde à un régime stable, il faut et il suffit que, lorsque* ω *varie de* 0 *à* $+\infty$, *le point représentatif de* $R(j\omega)$ *décrive autour du point* $(+\Lambda, 0)$ *un nombre de tours à distance finie donnée par les équations* (5).

Tel est l'énoncé que l'on peut donner du Critérium de Nyquist étendu au cas le plus général.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la mesure des caractéristiques d'un courant gazeux rapide au moyen d'un faisceau d'ultrasons.* Note (*) de Mlle GENEVIÈVE DUBOIS et M. ROGER KLING, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait les difficultés rencontrées dans la mesure des caractéristiques des courants gazeux rapides, en particulier dans le domaine transsonique. L'introduction de sondes dans le fluide en écoulement modifie les caractéristiques de celui-ci au voisinage de la sonde et la détermination précise des corrections qu'il serait nécessaire d'effectuer est souvent difficile.

C'est à la suite d'une suggestion de M. Robert Mercier préconisant l'emploi d'un faisceau d'ultrasons pour l'exploration d'une veine gazeuze en écoulement, que nous avons été conduits à étudier les possibilités d'application d'un tel procédé.

La méthode la plus simple consiste à émettre, à partir de la paroi et normalement à celle-ci, un faisceau d'ondes ultrasonores planes et à étudier, par une méthode optique appropriée, le comportement de ce faisceau dans la traversée de la veine. Des déviations qu'il subit on peut alors déduire par la règle de composition des vitesses, les vitesses locales d'écoulement, et des mesures de longueur d'onde, la célérité locale du son.

L'une des principales difficultés est d'obtenir un faisceau d'ondes ultrasonores planes bien délimité et suffisamment étroit pour n'intéresser qu'une zone réduite de l'écoulement. Si l'on veut éviter une absorption trop sensible des vibrations par l'air, on est amené à se limiter à des fréquences de l'ordre de 100000 c/s correspondant à des longueurs d'onde de 3 à 4^{mm} pour lesquelles l'importance des phénomènes de diffraction rend inefficace l'interposition d'un diaphragme sur le trajet du faisceau ultrasonore.

La solution à laquelle nous nous sommes arrêtés consiste à utiliser une sirène de Hartmann [1] équipée d'un miroir parabolique de courte distance focale, permettant de rendre le faisceau parallèle ou légèrement convergent.

Avec une tuyère convergente de $0^{mm},7$ de diamètre et un résonateur cylindrique de 1^{mm}, dont la profondeur était égale au diamètre, les vibrations obtenues avaient une fréquence de 57000 c/s et une énergie suffisante pour être mises en évidence par un montage de strioscopie dérivé de celui de Polhmann [2].

Les premiers essais de visualisation dans une veine d'air ont été effectués dans une tuyère subsonique de section rectangulaire dont les parois latérales

(*) Séance du 24 janvier 1949.

[1] *Phil. Mag.*, (7), 11, 1931, p. 926.

[2] *Naturwiss.*, 23, 1935, p. 511.

étaient munies de glaces. Un orifice percé dans l'un des profils permettait de faire pénétrer le faisceau ultrasonore dans la veine. Pour maintenir la continuité de la paroi, un écran transparent aux vibrations était disposé sur l'orifice.

Dans ces conditions on pouvait observer directement l'influence de la vitesse d'écoulement sur la propagation du faisceau d'ondes ultrasonores.

Dès que la vitesse moyenne atteint 30 m/s environ, le faisceau réfléchi sur le profil opposé, distant de 70^{mm}, se sépare nettement du faisceau incident (*fig.* 1).



Vitesse moyenne d'écoulement de l'air : 68 m/sec.

De la mesure de l'angle de déviation du faisceau, on peut déduire la vitesse moyenne d'écoulement. Les valeurs ainsi obtenues concordent, en général, à moins de 5 % près avec celles que l'on peut déduire, pour les basses vitesses ($V < 150$ m/s) de mesures de pression statiques effectuées à la paroi.

HYDRAULIQUE. — *Sur le fonctionnement des vannes secteur placées sur un seuil déversant.* Note (*) de M. LÉOPOLD ESCANDE, transmise par M. Charles Camichel.

Nous avons étudié, sur un modèle réduit à l'échelle 0,12, l'écoulement plan sous une vanne secteur à mince paroi, placée sur un déversoir du type Creager dont le profil correspond à une charge amont au-dessus du seuil $H = 1^m$, cette dimension, comme toutes celles qui suivent, est relative à l'ouvrage en vraie grandeur. La vanne a un profil circulaire de rayon $R = H\sqrt{2} = 1^m,414$.

Nous avons envisagé trois cas distincts en plaçant l'axe de rotation du secteur de telle sorte que la vanne, lorsqu'elle est complètement fermée, repose sur le sommet O du seuil, la tangente en ce point au secteur faisant alors avec

(*) Séance du 24 janvier 1949.

la verticale un angle correspondant aux valeurs successives :

Cas n°	I	30 degrés
»	II	45 »
»	III	60 »

Dans chacun de ces trois cas, nous avons étudié les mouvements obtenus, pour diverses valeurs de la cote h du plan d'eau amont et de celle A de l'arête inférieure de la vanne, comptées au-dessus du sommet O, la correspondance des valeurs de A et de h étant définie par le tableau suivant :

h en mètres...	0,50.	0,75.	1,00.	1,25.
A en mètres....	0,166	0,166	0,166	0,166
	0,333	0,333	0,333	0,333
	–	0,500	0,500	0,500
	–	–	0,666	0,666
	–	–	–	0,833

Nos mesures ont porté sur les débits, la forme des surfaces libres et des trajectoires, déterminées par photographie, ainsi que sur la répartition des pressions sur la vanne et sur le déversoir.

Le mouvement étant irrotationnel, la méthode graphique de Prasil peut être mise en œuvre. En négligeant les pertes de charge, on détermine la vitesse en chaque point de la surface libre, où la pression est égale à la pression atmosphérique : on connaît ainsi la répartition du potentiel le long de cette trajectoire particulière et l'on en déduit, par la construction graphique habituelle, tout le réseau des équipotentielles et des trajectoires : celui-ci fournit le débit, ainsi que la vitesse, et, au moyen de l'équation de Lagrange, la pression en chaque point.

Nous avons appliqué cette méthode pour chacune des trois positions de la vanne secteur, avec les ouvertures $A = 0^m,166$ et $A = 0^m,50$, sous une charge $h = H = 1^m$. Les débits mesurés sont un peu inférieurs aux débits ainsi calculés, en raison des frottements dont ne tient pas compte la construction de Prasil : l'écart maximum (position 1, $A = 0^m,166$) est de 7,6 %; les cinq autres cas étudiés donnent des différences inférieures à 5 %

La figure 1 montre le modèle étudié. Les autres figures donnent, pour $A = 0^m,50$, la photographie des trajectoires (*fig.* 2), la construction de Prasil (*fig.* 3) et les courbes des pressions mesurées et calculées le long du seuil (*fig.* 4), pour $h = H = 1^m$, ainsi que les répartitions de pressions sur le secteur, pour diverses valeurs de h (*fig.* 5).

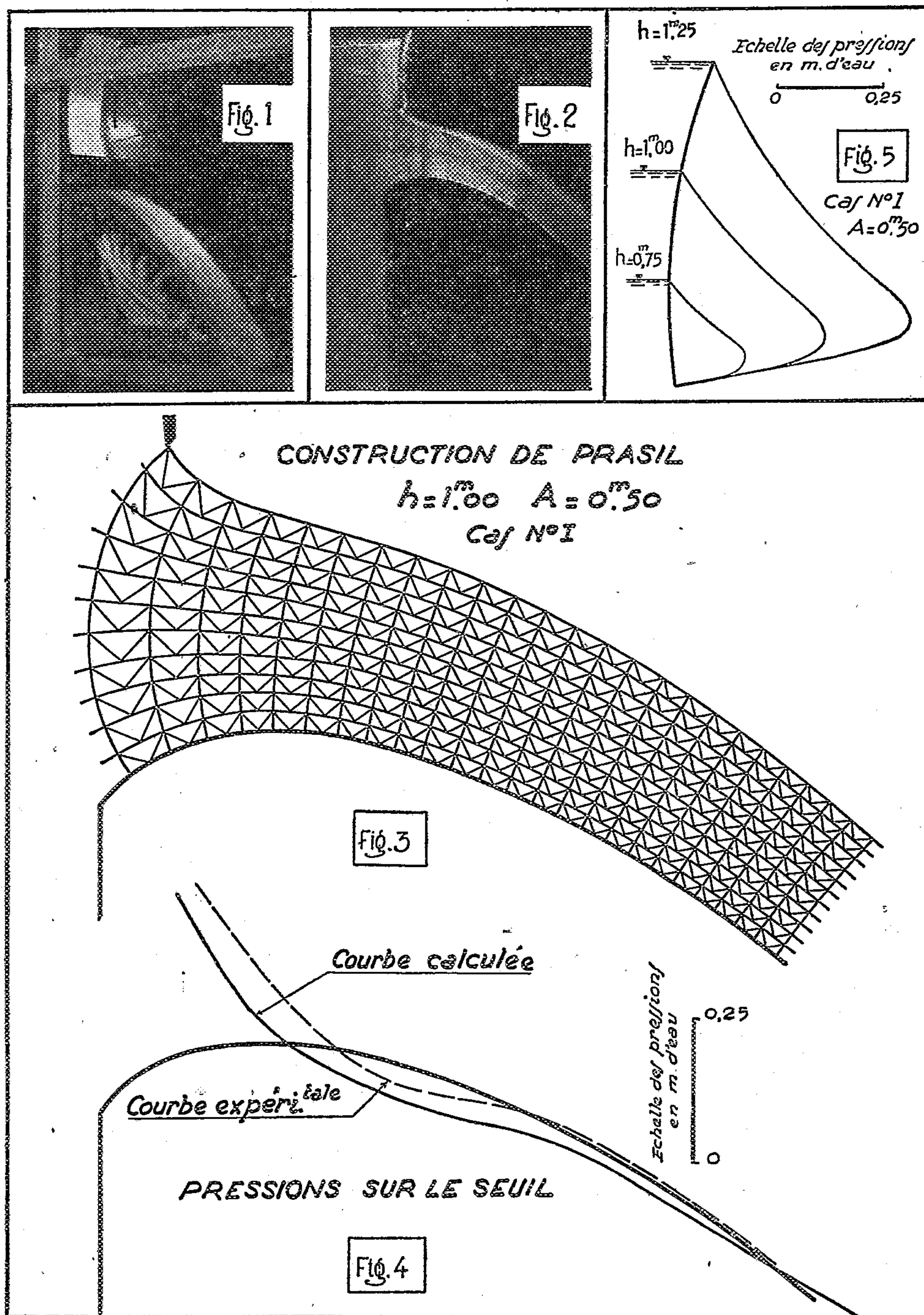


Fig. 1
Fig. 2
h=1m25
h=1m00
h=0m75
Echelle des pressions en m. d'eau
0 0,25
Fig. 5
Cas N°1
A=0m50
CONSTRUCTION DE PRASIL
h=1m00 A=0m50
Cas N°I
Fig. 3
Courbe calculée
Courbe expérimentale
Echelle des pressions en m. d'eau
0,25
0
PRESSIONS SUR LE SEUIL
Fig. 4

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la généralisation relativiste de l'équation intégro-différentielle de la diffusion des neutrons.* Note (*) de M. **Mircea Drăganu**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons essayé d'obtenir une généralisation relativiste de l'équation de O. Halpern, R. Lueneburg et O. Clark ([1]). Le point de départ est l'invariance par rapport à une transformation de Lorentz du nombre ΔN des particules contenues dans un élément de volume ΔV. En effet, le nombre ΔN est invariant par rapport aux transformations de Lorentz ([2]). Cette proposition peut être démontrée aussi, directement, d'une manière analogue à celle employée pour démontrer l'invariance de la charge ([3]).

On définit alors une densité corpusculaire n dans un système d'axes bien déterminé $S(O, x, y, z, t)$ comme la limite

$$n = \lim_{\Delta V \to 0} (\Delta N/\Delta V). \tag{1}$$

Cette densité ainsi définie se transforme d'après la formule

$$n = n_0\sqrt{1-\beta^2}, \quad \beta = (v/c), \tag{2}$$

n_0 étant la valeur de la densité des particules dans le système d'axes propres.

La fonction qui donne la distribution des vitesses en relativité restreinte est de la forme ([4])

$$F(x, y, z, Q_x, Q_y, Q_z, t), \tag{3}$$

où Q_x, Q_y, Q_z sont les composantes spatiales de la vitesse généralisée

$$Q_x = \frac{v_x}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad Q_y = \frac{v_y}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad Q_z = \frac{v_z}{\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{4}$$

On peut définir alors la probabilité de trouver une particule considérée dans le domaine ΔV avec des vitesses comprises entre (Q_x, Q_y, Q_z) et $(Q_x + dQ_x, Q_y + dQ_y, Q_z + dQ_z)$, par l'expression invariante du point de vue relativiste

$$\begin{aligned} &W(x, y, z, Q_x, Q_y, Q_z, t)\, dV\, dQ_x\, dQ_y\, dQ_z \\ &\quad = W_0(x, y, z, Q_x, Q_y, Q_z, t)\, dV_0\, dQ_x\, dQ_y\, dQ_z, \end{aligned} \tag{5}$$

la fonction W étant égale au produit des fonctions n et F;

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(1) *Phys. Rev.*, 53, 1938, p. 173.

(2) M. v. Laue, *Die Relativitätstheorie*, I, Braunschweig, 1921, p. 107.

(3) J. Becquerel, *Le principe de relativité et la théorie de la gravitation*, Paris, 1922, p. 94.

(4) E. Jüttner, *Ann. d. Phys.*, (4), 34, 1911, p. 856-882.

W_0 est la valeur correspondante dans le système d'axes propres; dV_0 représente également la valeur de dV dans le même système.

On suppose les particules soumises au cours de leur mouvement à des chocs élastiques. Si l'on définit alors la probabilité par unité de temps

$$(6)\qquad \Phi(Q_x, Q_y, Q_z, Q'_x - Q_x, Q'_y - Q_y, Q'_z - Q_z)\, dQ'_x\, dQ'_y\, dQ'_z.$$

pour qu'une particule change sa vitesse Q'_x, Q'_y, Q'_z et passe par suite d'un choc dans l'élément d'extension en phase $dx\,dy\,dz\,dQ_x dQ_y dQ_z$. En désignant par $\Gamma(Q_x, Q_y, Q_z)$ la probabilité totale de déviation par unité de temps et par $\Omega(Q_x, Q_y, Q_z)$ la probabilité totale de capture par unité de temps et employant la formule de Jüttner ([5])

$$(7)\qquad \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \sqrt{1+\frac{Q^2}{c^2}}, \qquad \vec{Q}^2 = Q_x^2 + Q_y^2 + Q_z^2,$$

on obtient l'équation intégro-différentielle

$$(8)\qquad \sqrt{1+\frac{Q^2}{c^2}}\,\frac{\partial W}{\partial t} + \left(\vec{Q}.\operatorname{grad} W_0\right)$$
$$= \int W_0(x, y, z, Q'_x, Q'_y, Q'_z, t)$$
$$\times \sqrt{1+\frac{Q'^2}{c^2}}\,\Phi(Q_x, Q_y, Q_z, Q'_x - Q_x, Q'_y - Q_y, Q'_z - Q_z)\, dQ'_x\, dQ'_y\, dQ'_z$$
$$+ W_0(x, y, z, Q_x, Q_y, Q_z, t)\sqrt{1+\frac{Q^2}{c^2}}\,[\Gamma(Q_x, Q_y, Q_z) + \Omega(Q_x, Q_y, Q_z)],$$

qui représente une généralisation relativiste de la formule de O. Halpern, R. Lueneburg et O. Clark.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie unitaire du champ physique. 1. Les tenseurs fondamentaux et la connexion affine.* Note (*) de Mme **MARIE-ANTOINETTE TONNELAT**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les théories basées sur l'emploi de variétés à connexion affine très générales ont été développées par plusieurs auteurs ([1]) et tout récemment reprises par Einstein et Schrödinger ([2]). Le but de ce travail est de généraliser ces théories :

([5]) *Loc. cit.*, p. 859.

(*) Séance du 24 janvier 1949.

([1]) EDDINGTON, *Proc. Roy. Soc.*, A 99, 1921; L. INFELD, *Zeits f. Phys.*, 50, 1928, p. 137; EINSTEIN, *Ann. Inst. Poinc.*, 1931; EYRAUD, *Thèse*, 1926.

([2]) EINSTEIN, *Ann. of Math.*, 47, p. 578; SCHRÖDINGER, *Proc. of the Roy. Ir. Acad.*, 49, A, (3), 1943, p. 43; 49, A, (16), 1944, p. 275; 51, A, (4), 1946, p. 41; 51, A, (13), 1947, p. 163; 51, A, (16), 1948, p. 205; 52, A, (1), 1948, p. 1; M.-A. TONNELAT, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1162 et 1211.

1° En considérant tous les tenseurs symétriques et antisymétriques qu'il est possible de former d'une manière simple, de façon à augmenter les possibilités d'interprétation de la théorie;

2° En ne faisant aucune hypothèse restrictive *a priori* sur la forme de la connexion affine et en poursuivant le calcul des coefficients de connexion sans approximation.

La connexion affine de la variété est déterminée par la donnée de coefficients $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$. Dans le cas général, on peut écrire :

$$\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} + \frac{1}{2}\Lambda^{\rho}_{\mu\nu} \qquad (\Lambda_{\mu} = \Lambda^{\rho}_{\mu\rho}),$$

$\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}$ et $\Lambda^{\rho}_{\mu\nu}$ étant respectivement symétrique et antisymétrique en μ et ν. $\Lambda^{\rho}_{\mu\nu}$ est lié à l'introduction d'une torsion de la variété. A l'aide des $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$, on forme le tenseur de courbure :

$$R^{\tau}_{\mu\nu\rho} = \partial_{\mu}\Delta^{\tau}_{\rho\nu} - \partial_{\nu}\Delta^{\tau}_{\rho\mu} + \Delta^{\lambda}_{\rho\nu}\Delta^{\tau}_{\lambda\mu} - \Delta^{\lambda}_{\rho\mu}\Delta^{\tau}_{\lambda\nu},$$

et les trois tenseurs du second rang.

$$R_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\rho\mu\nu} = \partial_{\rho}\Delta^{\rho}_{\nu\mu} - \partial_{\mu}\Delta^{\rho}_{\nu\rho} + \Delta^{\lambda}_{\nu\mu}\Delta^{\rho}_{\lambda\rho} - \Delta^{\lambda}_{\nu\rho}\Delta^{\rho}_{\lambda\mu},$$
$$S_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\mu\nu\rho} = \partial_{\mu}\Delta^{\rho}_{\rho\nu} - \partial_{\nu}\Delta^{\rho}_{\rho\mu},$$
$$H_{\mu\nu} = \partial_{\mu}\Lambda_{\nu} - \partial_{\nu}\Lambda_{\mu}.$$

Le tenseur $R_{\mu\nu}$ est la généralisation du tenseur d'Einstein $R^{\rho}_{\rho\mu\nu}$. $S_{\mu\nu}$ correspond à la deuxième contraction du tenseur de courbure, $H_{\mu\nu}$ est lié à la torsion. Il est commode de scinder $R_{\mu\nu}$ en parties symétrique et antisymétrique

$$G_{\mu\nu} = \frac{1}{2}(R_{\mu\nu} + R_{\nu\mu}),$$
$$F_{\mu\nu} = \frac{1}{2}(R_{\mu\nu} - R_{\nu\mu}) = \frac{1}{2}(\partial_{\nu}\Delta^{\rho}_{\mu\rho} - \partial_{\mu}\Delta^{\rho}_{\nu\rho}) - \frac{1}{2}\Lambda^{\rho}_{\mu\nu;\rho} \quad (^{3}),$$

$;\rho$ désignant la dérivation covariante habituelle (dérivation + avec les notations d'Einstein) effectuée à l'aide des Δ.

Si la torsion est nulle, les tenseurs fondamentaux se réduisent au tenseur symétrique $G_{\mu\nu}$ et à un seul tenseur antisymétrique. Dans le cas général, les

(3) Les tenseurs $R_{\mu\nu}$ et $S_{\mu\nu}$ correspondent aux tenseurs du même nom de la théorie de Schrödinger, les tenseurs $G_{\mu\nu}$ et $F_{\mu\nu}$ aux tenseurs γ_{kl} et Φ_{kl} de cette théorie, le tenseur $H_{\mu\nu}$ est sans équivalent.

La théorie de Eyraud postule uniquement l'existence des tenseurs $G_{\mu\nu}$ et $S_{\mu\nu}$, ce qui conduit à de grandes simplifications dans le calcul des coefficients $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$, les difficultés de calcul provenant de l'introduction de $F_{\mu\nu}$.

La généralisation la plus simple de la théorie d'Einstein conduit à la définition de $R_{\mu\nu}$. Il semble donc naturel de supposer que la fonction d'action dépend au moins de $G_{\mu\nu}$ et de $F_{\mu\nu}$ (uniquement de $G_{\mu\nu}$ et de $F_{\mu\nu}$ dans la théorie d'Einstein), malgré les difficultés qui résultent de la présence de $F_{\mu\nu}$.

tenseurs fondamentaux qui définissent les champs, sont, d'une part, le tenseur symétrique $G_{\mu\nu}$, d'autre part, trois combinaisons linéaires quelconques des tenseurs $F_{\mu\nu}$, $S_{\mu\nu}$ et $H_{\mu\nu}$.

Les équations fondamentales de la théorie peuvent alors se déduire d'un principe variationnel

$$(1) \qquad \delta \int \mathcal{A}\, d\tau = 0$$

appliqué à une fonction d'action $\mathcal{A}$ qui dépend des $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$ et de leurs dérivées premières par l'intermédiaire des $G_{\mu\nu}$, $L_{\mu\nu}$, $S_{\mu\nu}$, $H_{\mu\nu}$ et éventuellement du tenseur contracté Λ_{μ}. Nous pouvons définir les densités tensorielles :

$$\mathfrak{F}^{\mu\nu} = 2\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial F_{\mu\nu}}, \quad \mathfrak{S}^{\mu\nu} = 2\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial S_{\mu\nu}}, \quad \mathcal{H}^{\mu\nu} = 2\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial H_{\mu\nu}}, \qquad \mathcal{G}^{\mu\nu} = 2\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial G_{\mu\nu}}, \quad \mathcal{C}^{\mu} = \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial \Lambda_{\mu}}.$$

Les équations d'Euler :

$$\frac{d}{dx^{\sigma}}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial\dfrac{\partial\Delta^{\rho}_{\mu\nu}}{dx^{\sigma}}} - \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial\Delta^{\rho}_{\mu\nu}} = 0,$$

équivalentes à (1), nous conduisent immédiatement à une relation (I)'.

La contraction suivant une 1re paire d'indices nous donne

$$(2) \qquad \mathfrak{F}^{\rho} - 4\mathfrak{S}^{\rho} + 3\mathcal{H}^{\rho} = \mathcal{C}^{\rho},$$

en posant $D_{\rho}\mathfrak{F}^{\rho\alpha} = \mathfrak{F}^{\alpha}\ldots$, D_{ρ} désignant cette fois la dérivation covariante, univoquement déterminée, effectuée à l'aide des $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}$ symétriques. La contraction suivant une 2e paire d'indices et la substitution dans (I)' nous conduit à la relation

$$(I) \qquad D_{\gamma}\mathcal{R}^{\alpha\beta} - \frac{1}{2}\mathcal{R}^{\alpha\beta}\Lambda_{\gamma} + \frac{1}{2}(\mathcal{R}^{\alpha\rho}\Lambda^{\beta}_{\gamma\rho} - \mathcal{R}^{\rho\beta}\Lambda^{\alpha}_{\gamma\rho}) + \frac{1}{3}\mathcal{R}^{\alpha\mu}\Lambda_{\mu}\delta^{\beta}_{\gamma} = -\frac{2}{3}\mathfrak{F}^{\beta}\delta^{\alpha}_{\gamma} + \frac{2}{3}(\mathfrak{S}^{\alpha}\delta^{\beta}_{\gamma} + \mathfrak{S}^{\beta}\delta^{\alpha}_{\gamma})$$

en posant $\mathcal{R}^{\alpha\beta} = \mathcal{G}^{\alpha\beta} - \mathfrak{F}^{\alpha\beta}$.

La difficulté consiste à déterminer rigoureusement la connexion affine d'après les 64 équations (I). C'est à la résolution de (I) en fonction des coefficients $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$ que nous devons maintenant nous employer.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La notion de masse et ses conventions en relativité cinématique*. Note de M. **Maurice Causse**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Milne définit la masse [1] par les conditions *a priori* suivantes :

a. C'est un scalaire qui doit rester constant pour toute particule libre sur sa trajectoire.

[1] *Proc of Roy. Soc.*, 154, 1936.

b. Ce doit être une fonction des variables P, V, t, qui prend la même valeur que toutes les particules fondamentales.

c. Toute action extérieure modifie la trajectoire libre, donc la masse; cette variation doit donner une mesure de l'énergie, la masse devra donc comprendre une mesure de l'énergie totale d'une particule.

Milne ajoute d'autres conditions qui ne sont pas indépendantes de celles-ci, il est facile de déduire les deux premières : *b*. Que M est fonction uniquement de ξ, seul invariant relativiste qui prenne la même valeur (1) pour toutes les particules fondamentales; *a*. que le mouvement libre est celui pour lequel ξ est constant, c'est celui d'une particule en présence du seul substratum $G(\xi) = -1$.

Pour préciser ce point, le plus simple est d'étudier, avec M. Wilson ([2]), le mouvement rectiligne en se plaçant dans le plan x, $ict = \omega$. Dans ce plan, on voit d'abord que les invariants dans une rotation, pour un élément de contact, sont $X = x^2 + \omega^2$, et $\xi = \cos^2 V$, V étant l'angle du rayon vecteur avec la tangente. Dans le cas général, l'équation de la trajectoire, avec les conventions de signe habituelles, est $1/R = -pG(\xi)/p^2$, qui, dans le cas où $G(\xi) = -1$, donne par des considérations géométriques simples, $p'^2 - pp'' = 0$, puis $p'/p = \operatorname{tg} V = \text{const.}$ On a donc une spirale logarithmique, et $\xi = \text{const.}$, est la seule intégrale première; la condition $\xi = \text{const.}$ entraîne réciproquement $G(\xi) = -1$. Ajoutons à ces considérations le fait simple qu'en revenant aux variables réelles, on trouve pour diagramme une courbe déduite des courbes de type $y = x^\alpha \times \alpha > 0$ pour une rotation de $-45°$. C'est-à-dire que le mobile part avec la vitesse $\pm c$, puis s'arrête, revient en arrière, et tend, pour $t \to +\infty$, vers la vitesse limite $\mp c$. Il est donc inexact, dans ce cas, que les particules atteignent la vitesse c au bout d'un temps fini.

2. Nous faisons ensuite à Milne cette critique, que toutes les équations de la dynamique, et la définition des grandeurs fondamentales, sont établies sur la seule analyse du mouvement libre, dont il ne justifie même pas la notion *a priori*, mais *a posteriori*, du fait que $m\xi^{\frac{1}{2}}$ est bien une constante si $G(\xi) = -1$. Et s'il n'y a pas de contradictions dans la suite, cela provient d'abord de ce que la fonction $M(\xi)$ peut être choisie à peu près arbitrairement. De toutes façons il n'est pas logique de définir une force autrement que par *cause d'une perturbation dans le mouvement d'une particule libre*. De plus, on n'aura traité le problème des deux corps, non pas, comme Milne le fait en dynamique, en supposant l'une des particules fondamentales, mais dans le cas général.

3. Les équations du mouvement libre ont la propriété de dépendre d'un

---

([2]) *Phil Mag.*, 1946.

paramètre arbitraire $M(\xi)$, soumis à la seule condition d'être une fonction analytique de ξ :

$$\frac{1}{Y^{\frac{1}{2}}}\frac{d}{dt}M(\xi)\frac{V}{Y^{\frac{1}{2}}}=-\left(P-\frac{VZ}{Y}\right)\frac{M(\xi)}{X},$$

en adjoignant à cette équation sa composante de temps, et par une combinaison convenable, on retrouve bien la condition $\xi=$ const. (le calcul fait par Milne pour $M(\xi)=m\xi^{\frac{1}{2}}$ subsiste sans changement).

On peut donc définir la force par l'écart avec ce mouvement libre, en ajoutant F au deuxième membre. On peut alors reproduire sans changement les calculs de Milne sur le moment cinétique, et les résultats qui s'en déduisent par des approximations légitimes sont toujours valables, en particulier la remarquable interprétation des nébuleuses spirales planes (³). De même pour la théorie électromagnétique (⁴).

Milne désire qu'en première approximation la fonction masse se réduise à l'expression d'Einstein $m/\left[1-(v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}\right]$; mais il est alors plus logique d'écrire les équations du mouvement en prenant pour variable, non t, mais $X^{\frac{1}{2}}$, temps cosmique invariant lorsqu'on change d'observateur fondamental, puisque c'est du *temps propre* que vient le coefficient d'Einstein. Ajoutons que c'est le seul moyen d'aborder logiquement le problème des deux corps, si l'on veut définir la simultanéité de façon invariante. Pour avoir négligé cette condition, Milne cherche des équations de forme invariante, tant en gravitation qu'en électromagnétisme, alors que les conditions dans lesquelles il les établit ne le sont pas.

L'équation fondamentale de la dynamique peut alors s'écrire

$$(1)\qquad \frac{d}{dX^{\frac{1}{2}}}\left(M(\xi)\frac{V}{Y^{\frac{1}{2}}}\right)=-\left(P-\frac{VZ}{Y}\right)\frac{M(\xi)}{X\xi^{\frac{1}{2}}}+F.$$

Ainsi les définitions de la force et de la masse inerte sont liées par une équation différentielle à quatre composantes, mais cette définition dépend d'une fonction arbitraire.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Théorie d'un micromanomètre thermique. Cas des faibles pressions.* Note (*) de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai indiqué dans une Note précédente (¹) les résultats que j'ai obtenus avec une jauge à fil chaud montée d'une manière symétrique en pont équilibré, le

(³) *Proc of Roy. Soc.*, 160, 1937.
(⁴) *Proc. of Roy. Soc.*, 1938.

(*) Séance du 17 janvier 1949.
(¹) L. Dunoyer, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1147.

courant se partageant à son entrée dans le losange du pont en deux branches comprenant l'une l'ampoule manométrique et une partie d'un fil tendu, l'autre l'ampoule compensatrice, identique à la première, et l'autre partie de ce même fil. La pression est mesurée par les déplacements qu'il faut imprimer au contact sur ce fil pour maintenir l'équilibre. Je me propose de faire la théorie de ce dispositif.

Soit I l'intensité d'alimentation, maintenue constante, i et i' les intensités dans les deux moitiés du pont, L et L′ les résistances de l'ampoule compensatrice, bien vidée, et de l'ampoule manométrique, où règne la pression p, T et T′ les températures absolues de leurs filaments, t et t' leurs températures centigrades, Θ la température absolue des parois, S la surface de chacun des filaments, B leur brillance énergétique totale, α le coefficient de température de leur résistivité, K le coefficient de conductibilité thermique du gaz, R la résistance totale de fil du pont, λ sa longueur, ρ sa résistivité, s sa section, r et r' les résistances de ses deux parties, respectivement en série avec L et L′. En négligeant les pertes de chaleur par conductibilité métallique aux extrémités des filaments, on a les équations suivantes :

(1) $$L i^2 = BS(T^4 - \Theta^4),$$

(2) $$L' i'^2 = BS(T'^4 - \Theta^4) + KpS(T' - \Theta),$$

(3) $$I = i + i',$$

(4) $$L i = L' i',$$

(5) $$L = L_0(1 + \alpha t),$$

(6) $$L' = L_0(1 + \alpha t'),$$

(7) $$r = R\frac{L}{L + L'},$$

(8) $$R = \rho\frac{\lambda}{s}.$$

Supposons que p varie de dp et qu'on maintienne l'équilibre du pont en déplaçant le contact de dP. Le quotient différentiel (dP/dp) définira la *sensibilité*. Si p varie de dp à partir de zéro, nous l'appellerons *sensibilité initiale*. Nous nous proposons de la calculer.

Il faut pour cela différentier les équations précédentes, ce qui donne des relations entre di, di', dL, dL', dp, dr, où l'on pose $p = 0$, $T' = T$, $i' = i$. On peut alors en tirer dt en fonction de dp, puis dr en fonction de dt, et par suite $dP = (s/\rho)\, dr$ en fonction de dp. On obtient finalement

(9) $$\frac{dP}{dp} = \frac{K\lambda}{4B}\,\frac{(T - \Theta)\alpha}{5\alpha T^4 + 4(1 - 273\alpha)T^3 - \alpha\Theta^4}.$$

Cette formule assez simple fournit plusieurs résultats intéressants, qui s'étendent pratiquement à un domaine de pression notable, puisque les courbes

d'étalonnage, qui représentent P en fonction de p, comportent une assez longue partie rectiligne.

1° Le choix du fil du pont n'influe sur la sensibilité initiale que par sa longueur.

2° Toutes choses égales d'ailleurs, la sensibilité est proportionnelle à la conductibilité calorifique du gaz K. Il est à noter que ce coefficient dépend du coefficient d'accommodation du gaz au contact du filament.

3° Sous cette réserve, la sensibilité ne dépend du choix des filaments que par leur radiance énergétique et par leur coefficient de température. Elle est inversement proportionnelle à la première et croît avec le second, mais beaucoup plus lentement que lui.

4° La sensibilité présente un maximum pour une certaine température des filaments, maximum d'autant plus grand et d'autant plus aigu que la température de la paroi est plus basse. La température du maximum est en même temps d'autant moins élevée au-dessus de la température des parois. En plongeant les ampoules dans l'oxygène ou dans l'azote liquides, on peut ainsi multiplier la sensibilité maximum par un facteur de l'ordre de 50. Si la température des filaments est au contraire très supérieure à celle du maximum, il y a peu d'avantage à refroidir les ampoules.

5° Si la température des parois diffère de $\Delta\Theta$ de celle pour laquelle la courbe d'étalonnage a été établie, on commet sur la pression une erreur Δp. La formule (9) conduit, avec une bonne approximation, à la relation

$$\frac{\Delta p}{p} = -\frac{\Delta\Theta}{T-\Theta}, \tag{10}$$

d'où il suit que :

a. si la température des parois est plus élevée que celle qui correspond à la courbe d'étalonnage, la pression vraie est plus forte que la pression lue, et vice versa.

b. à une erreur donnée sur la température des parois correspond une erreur relative sur la pression d'autant plus grande que la température des filaments est plus basse. Si l'on opère au maximum de sensibilité avec des parois très refroidies, il faut donc contrôler leur température beaucoup plus rigoureusement que si l'on porte les filaments à une température relativement élevée (300 à 400° par exemple) avec les parois à la température ambiante. Dans ces dernières conditions, une excellente stabilité est beaucoup plus facile à réaliser, et il est facile de s'arranger de manière qu'une erreur $\Delta\Theta$ atteignant 10° au voisinage de la température ambiante n'entraîne pas une erreur de plus de 2 % sur la pression.

ÉLECTRICITÉ. — *Remarques sur la théorie des réseaux électriques polyphasés.* Note (*) de M. **François H. Raymond**, présentée par M. Louis de Broglie.

Deux Notes [1] de G. Nasse ont attiré à nouveau l'attention sur ce sujet. Ces deux Notes reprennent des propositions que nous avions énoncées précédemment [2]. Dans cette Note, nous voulons préciser quelques points de cette théorie.

Considérons un réseau de Kirchhoff comportant deux groupes de $n+1$ bornes. Ses équations s'écrivent

$$E_{(1)} = AI_{(1)} + BI_{(2)}, \qquad E_{(2)} = CI_{(1)} + DI_{(2)}, \tag{1}$$

l'indice (1) désignant un groupe de bornes, l'indice (2) l'autre groupe de bornes. Les E et I sont les vecteurs tensions et courants à n composantes et les A, B, ..., D des matrices dont les termes sont des fonctions rationnelles de p (variable complexe). Appliquons aux vecteurs nommés ci-dessus une matrice de transformation T. Si l'on peut trouver une telle matrice que ramène à la forme diagonale simultanément les quatre matrices ci-dessus, l'ensemble des équations (1) est équivalent à n équations du type :

$$\begin{pmatrix} l_{(1)i} \\ l_{(2)i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_i & b_i \\ c_i & d_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_{(1)i} \\ i_{(2)i} \end{pmatrix} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{2}$$

les a_i, b_i, ..., d_i étant les valeurs caractéristiques respectives des matrices A, B, ... correspondant au même vecteur propre. On sait qu'il faut pour que cela soit possible que les matrices A forment un groupe permutable. Il en est ainsi des matrices polyphasées symétriques [3]. L'ensemble des équations (2) est donc équivalent à (1). Si les matrices A, B, C, D sont polyphasées symétriques, *la condition est suffisante*. La matrice T qui convient est, F étant la matrice de Fortescue rappelée par Nasse dans sa Note, $T = mF + nF^*$, m et n étant des scalaires choisis afin que T soit normée.

Dans l'hypothèse d'un réseau de Kirchhoff, la matrice

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \tag{3}$$

est symétrique, donc $B = C_t$, d'où résulte une relation simple que nous avons établie [4] entre les valeurs propres ou impédances cycliques b_i et c_i. Il est évident (hypothèse de réseaux linéaires) que ces propriétés valent en régime libre ou transitoire et en régime permanent, mais on ajoutera, si l'on veut

---

(*) Séance du 17 janvier 1949.

[1] *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1215-1216; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1350-1352.

[2] *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 113-115; *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 148-150.

[3] *Thèse*, Paris, 1945, Chapitre I, parag. VII et VIII.

[4] *Thèse*, Paris, 1945, Chapitre I, parag. VI et *Revue Scientifique*, mars 1942, p. 128-129.

donner un sens physique aux e et i dans (2) que la matrice T doit être réelle, orthogonale, afin de conserver les puissances électriques. Le choix de la métrique euclidienne en fonction de la notion d'énergie conduit à la matrice des composantes quasi symétriques ([5]) dont le rôle apparaît ici clairement, ainsi qu'il était indiqué dans un travail antérieur ([6]).

De (2) on peut déduire une forme d'écriture des équations analogues à celles d'un *quadripôle*. Nous avions démontré les propriétés rappelées par Nasse. Les e et i ont un sens physique selon le choix de la matrice T (conservation de l'énergie instantanée, ou moyenne, selon les moyens de mesure dont on dispose), mais de toutes façons les *quadripôles* élémentaires auxquels on aboutit ne sont pas susceptibles d'être construits physiquement, leur synthèse est, en effet, impossible, car le quotient b_i/c_i est différent de l'unité (ou leur déterminant, défini usuellement, est différent de un) sauf pour les composantes homopolaires pour lesquelles $b_i = c_i$. Un cas d'exception se présente, c'est celui où B est, comme A et C, symétrique par rapport à sa diagonale principale, on a alors $b_i = c_i$ quel que soit $i = 1, 2, \ldots, n$. Les quadripôles (2) sont susceptibles d'une synthèse par des réseaux de Kirchhoff indépendants. Dans ce cas, on peut démontrer que (1) jouit d'une propriété, dont celle qui vient d'être énoncée est la conséquence, et qui généralise la théorie des quadripôles. Si l'on résout (1) par rapport aux E et I d'indice (1), on a

$$(4)\qquad \begin{pmatrix} E_{(1)} \\ I_{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{(2)} \\ I_{(2)} \end{pmatrix},$$

ou par un calcul facile

$$M_{11} = AC^{-1}, \quad M_{12} = AC^{-1}D - B, \quad M_{21} = C^{-1}, \quad M_{22} = C^{-1}D.$$

Comme les matrices sont permutables, on a

$$P = M_{11}M_{22} - M_{21} - M_{12} = AC^{-1}C^{-1}D - C^{-1}AC^{-1}D + C^{-1}B = C^{-1}B,$$

ou

$$P = BC^{-1} = BB_t^{-1}.$$

Si B est symétrique $P = (I)$ (matrice unité).

Dans le cas de réseaux linéaires actifs (tels que ceux comportant des groupes tournants et plus généralement des transducteurs électromagnétiques ou électrostatiques ou des tubes à vide) les propriétés énoncées ci-dessus et rappelées pour une partie par G. Nasse, ne sont valables que le long de l'axe $p = j\omega$. Dans le cas des transducteurs polyphasés électromagnétiques, nous avions montré que les matrices polyphasées symétriques étaient la somme d'une matrice symétrique et d'une matrice hermitique ([7]).

([5]) *Thèse*, Chapitre I, parag. VIII.

([6]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 450-452.

([7]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 640-642; *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 812-814; *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 910-912; *Thèse*, Chapitre IV.

ÉLECTROSTATIQUE. — *Potentiel et champ d'une électrode plane percée d'un trou elliptique*. Note (*) de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les défauts des images du microscope électronique produits par une ovalisation des électrodes ([1]) ont amené à étudier par des méthodes approchées des champs électriques s'écartant de la symétrie de révolution ([2]). Le cas schématique d'une électrode plane percée d'un trou elliptique peut être étudié rigoureusement.

L'électrode, située dans le plan $z=0$, est percée d'une ouverture dont le contour est une ellipse d'axes $2a$, $2b$. Introduisons les coordonnées elliptiques λ, μ, ν, qui sont les solutions, classées par valeurs décroissantes, de l'équation en s,

$$\frac{x^2}{a^2+s}+\frac{y^2}{b^2+s}+\frac{z^2}{s}-1=0. \tag{1}$$

Les points de l'électrode sont caractérisés par $\lambda>0$, $\mu=0$; les points du trou par $\lambda=0$, $\mu<0$.

Nous partirons de la solution de l'équation de Laplace qui donne le potentiel des vitesses pour le mouvement d'un disque elliptique dans un fluide parfait au repos à l'infini ([3]),

$$\Phi_1=Cz\int_\lambda^\infty\frac{d\lambda}{\lambda\sqrt{\varphi(\lambda)}}, \tag{2}$$

où C est une constante, et où

$$\varphi(\lambda)=\lambda(a^2+\lambda)(b^2+\lambda). \tag{3}$$

Si nous posons

$$\operatorname{tg}\varphi=\frac{a}{\sqrt{\lambda}}, \tag{4}$$

$$k=\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a}, \tag{5}$$

$$C_1=\frac{2C}{a^3(1-k^2)}, \tag{6}$$

et si nous appelons $E(k,\varphi)$ l'intégrale elliptique de seconde espèce, tabulée par Legendre, nous pouvons écrire

$$\Phi_1=C_1z\left[\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}.\operatorname{tg}\varphi-E(k,\varphi)\right]. \tag{7}$$

Mais cette solution, discontinue sur l'ouverture, ne représente pas le poten-

(*) Séance du 24 janvier 1949.

([1]) Bertein, Brück et Grivet, *Annales de Radioélectricité*, II, 1947, p. 249.

([2]) Bertein, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 560 et 737; 225, 1947, p. 863.

([3]) Green, *Trans. R. S. Edin.*, 1833, Papers, p. 315; Lamb, *Hydrodynamics*, p. 143, Cambridge, 1924.

tiel que nous cherchons. Celui-ci est donné par

$$(8)\qquad \Phi = C_1 |z| \left[\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}.\operatorname{tg}\varphi + E\left(k, \frac{\pi}{2}\right) - E(k, \varphi)\right] + C_2 z + C_3,$$

où C_2 et C_3 sont des constantes. En effet, Φ est égal à C_3 sur la plaque, reste continu ainsi que ses dérivées sur l'ouverture, et, pour $|z|$ grand, tend vers la valeur asymptotique

$$(9)\qquad \Phi_\infty = C_1 |z| E\left(k, \frac{\pi}{2}\right) + C_2 z + C_3.$$

Les sections des surfaces équipotentielles par un plan $z = \text{const.}$ sont des ellipses; pour $z = 0$, ces ellipses sont homothétiques. Les courbes d'égale densité superficielle sur l'électrode sont des ellipses homofocales à l'ouverture.

En résumé, pour calculer le potentiel Φ au point x, y, z, on est ramené à déterminer au moyen de (9) les constantes C_1 et C_2 d'après la valeur du champ électrique pour $|z|$ grand; on calculera ensuite λ qui est la solution positive de (1), puis φ au moyen de (4); grâce à (8) et à une table d'intégrales elliptiques, on obtiendra le potentiel cherché.

Remarquons que la table d'intégrales elliptiques est inutile pour le calcul des composantes E_x, E_y du champ électrique, mais reste utile pour le calcul de E_z.

Au voisinage de l'axe Oz, en posant

$$(10)\qquad x = r\cos\theta, \qquad y = r\sin\theta,$$

on a

$$(11)\qquad \Phi(z, r, \theta) \simeq \Phi_0(z) + r^2[\Phi_2(z) + \psi_2(z)\cos 2\theta]$$

avec

$$(12)\qquad \Phi_0(z) = C_1\left\{|z|\left[E\left(k, \frac{\pi}{2}\right) - E\left(k, \operatorname{arctg}\frac{a}{|z|}\right)\right] + a\sqrt{1-\frac{k^2a^2}{a^2+z^2}}\right\} + C_2 z + C_3,$$

$$(13)\qquad \Phi_2(z) = -C_1\frac{ab^2}{2}\left(z^2 + \frac{a^2+b^2}{2}\right)(a^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}(b^2+z^2)^{-\frac{3}{2}},$$

$$(14)\qquad \psi_2(z) = C_1\frac{ab^2}{4}(a^2-b^2)(a^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}(b^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}.$$

Définissons l'ellipticité η de l'ouverture par

$$(15)\qquad a = R(1+\eta), \qquad b = R(1-\eta)$$

et exprimons a, b, k au moyen de R et η. En supposant η petit, comparons à R constant des électrodes dont le potentiel C_3 est le même, placées dans des champs qui à l'infini sont identiques. On voit que Φ_0 et Φ_2 sont indépendants de η au second ordre près, tandis que

$$(16)\qquad \psi_2 \doteq \frac{C_1 R^5 \eta}{(R^2+z^2)^3}.$$

La valeur (16) est peu différente de la valeur donnée par M. Bertein.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption dans l'infrarouge des acétophénones substituées sur le groupe méthyle.* Note (*) de M. CLAUDE CHERRIER, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans le cadre d'une étude physico-chimique de la fonction cétone en général, et plus particulièrement des acétophénones substituées sur le groupe méthyle ([1]), nous avons déterminé les principales bandes d'absorption infrarouge des composés suivants :

1° *Acétophénone.* $É_{12}$ 83°,5; d 1,0245; n_D 1,53206. — Position des bandes d'absorption (donnée en μ) : 5,90; 6,23; 6,55; 6,84; 7,33; 7,65; 7,90; 8,45; 9,25; 10,45; 10,75; 11,80.

2° *Propiophénone.* F 18°,6; d 1,0069; n_D 1,52505. — 5,905; 6,25; 6,84; 7,03; 7,39; 7,81; 8,26; 9,24; 9,88; (10,51; 10,68); 11,8.

3° *Éthylacétophénone.* $É_2$ 80°; d 0,9858; n_D 1,51775. — 5,93; 6,27; 6,84; 7,08; 7,30; 8,20; 9,21; 10,06; 10,78; 11,20; 11,60; 12,25.

4° *Diméthylacétophénone.* $É_{18}$ 106°; d 0,9800, n_D 1,51550. — 5,93; 6,28; 6,82; 7,20; 7,38; 7,75; 8,11; 8,60; 9,12; 10,20; 10,74; 11,15; 11,50.

5° *Triméthylacétophénone.* $É_{12}$ 100°; d 0,9652; n_D 1,50700. — 5,93; 6,32; 6,80; 7,16; 7,30; 7,82; 8,16; 8,46; 9,26; 9,70; 10,34; 10,89; 12,21; 12,62.

6° *Éthylallylacétophénone.* $É_5$ 115°; d 0,9669; n_D 1,51879. — 5,91; 6,24; 6,86; 7,21; 7,46; 7,61; 7,94; 8,23; 9,50; 9,98; 10,87; 11,99; 12,30; 12,66.

7° *Diméthylallylacétophénone.* $É_8$ 115°; d 0,9700; n_D 1,51679. — 5,93; 6,32; 6,83; 7,17; 7,27; 7,71; 8,04; 8,32; 8,49; 9,23; 10,06; 10,34; 10,92; 11,87; 12,67.

8° *Méthyléthylallylacétophénone.* $É_{6,5}$ 123°; d 0,9688; n_D^{25} 1,51878. — 5,96; 6,29; 6,86; 7,26; 8,23; 8,58; 9,26; 10,06; 10,51; 11; 11,9.

9° *Diéthylallylacétophénone.* $É_4$ 133°; d 0,9736; n_D 1,52004. — 5,96; 6,29; 6,89; 7,24; 7,50; 7,71; 8,15; (8,53; 8,65); 9,33; 9,61; 10,09; 10,31; 11,02; 11,90.

10° *Éthyldiallylacétophénone :* $É_5$ 143°,5, d 0,9776, n_D 1,52680; 5,96; 6,33; 6,89; 7,24; 7,49; 7,81; (8,09; 8,18); 8,50; 8,65; 9,33; 10,01; 10,71; 11,06; 11,55; 12,46.

11° *Monoallylacétophénone :* 5,95; 6,23; 6,97; 7,33; 7,85; 8,20; 10,20; 11,02,

12° *Triallylacétophénone :* 5,96; 6,15; 6,93; 7,75; 8,12; 9,15; 10,05; 10,85; 11,6.

(*) Séance du 20 décembre 1948.

([1]) CL. CHERRIER, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 898 (spectres Raman); *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1016 (magnétochimie); 225, 1947, p. 1306 (moments dipolaires); 226, 1948, p. 797 (réfraction moléculaire), et une Note, 228, 1949, p. 70, pour l'étude réfractométrique en fonction de la température).

Au sujet des modes de vibration de ces composés, nous pouvons proposer en première approximation les attributions suivantes pour les principales bandes d'absorption dans l'infrarouge et les raies Raman :

1° la bande située vers $5^{\mu},90 - 5^{\mu},96$ ainsi que la raie Raman 1683, 1674 correspondent à la vibration de valence caractéristique de la liaison C=O et se trouvent considérablement abaissées par rapport aux cétones aliphatiques (1710) par suite de la conjugaison avec les liaisons benzéniques.

2° la bande située vers $6^{\mu},23$, $6^{\mu},33$ pour les différentes cétones et correspondant à la raie Raman 1596 qui est une raie dégénérée, correspond aux raies 1584 + 1605 du benzène (résonance de Fermi) soit E_g^+ (B_1) (A_1) $8a$ et $8b$ d'après la dénomination de Kohlrausch (1). Cette raie du benzène est dégénérée et correspond à une infinité de configurations; mais dans les molécules d'acétophénones nous diminuons la symétrie et en première approximation les configurations sont des configurations des types précédents admettant de nouveaux éléments de symétrie, or dans le modèle précédent l'atome lié ne bougeant pas, le couplage est donc négligeable, ce qui entraîne que la raie ait une position fixe.

3° La bande située vers $6^{\mu},80$, $6^{\mu},86$ correspond à la raie 1480 (Raman) et 1485 (I. R.) du benzène se retrouve en spectrographie Raman vers 1490-1495. La raie 1480 du benzène correspond à une vibration interdite $E_u^-(A_1)(B_1)$ $19b$ et $19a$ (2), la perturbation créée par l'incorporation de la chaîne dans la molécule lève cette interdiction mais elle apparaît néanmoins avec une intensité faible dans les spectres Raman 1489 (2) correspondant à 1604 (14).

4° Les fréquences de déformation du CH_3 situées vers 1460 correspondent aux bandes 7,33, 7,65, 7,90; une de ces bandes peut correspondre à une vibration de chaîne où la liaison C (benzène)-C (cétonique) a l'influence maximum.

5° La bande située vers $8^{\mu},45$ correspond aux fréquences benzéniques dues à la déformation des CH en même temps qu'à des vibrations de chaînes.

6° Les bandes situées vers 10,45; 10,75; $11^{\mu},80$ sont dues au noyau benzénique, on les retrouve dans les spectres des composés monosubstitués du benzène, ces raies correspondent à des déformations δ(CH) et des déformations de chaîne.

7° Les fréquences basses visibles en spectrographie Raman : 406 correspond à une raie de benzène; 616 correspond à la raie 606 du benzène $E_g^+(A_1)6b$ et $E_g^+(B_1)6a$; la raie 695 correspond à la raie du benzène 690, 762 correspond à une raie du benzène. Quant à la fréquence basse 163, elle ne correspond à aucune fréquence du benzène, mais soit à une fréquence de déformation de la liaison C (benzène)-C (cétone), soit à une fréquence de déformation

(2) *Kolhrausch Raman spektren*, Leipzig, 1943.

du C=O, puisque nous la retrouvons dans les composés C_6H_5—CO—H; C_6H_5—CO—NH_2; C_6H_5—CO—Br; C_6H_5—CO—F; C_6H_5—CO—Cl; C_6H_5—CO—OCH_3; C_6H_5—CO—OH et ainsi que dans C_6H_5—C≡N. Comme nous l'avons dit dans ([1]) nous retrouvons ici le même résultat que pour les cétones aliphatiques ([3]); plus nous chargeons l'atome de carbone situé en α du C=O plus la fréquence caractéristique de la vibration de valence C=O diminue (1683 pour l'acétophénone, 1674 pour l'éthyldiallylacétophénone), plus nous chargeons cet atome de carbone, plus le caractère semi-ionique de la liaison C=O diminue, ce que nous vérifions par l'étude des moments dipolaires ([1]) et ce qui s'explique par l'effet d'hyperconjugaison ([3]).

SPECTROSCOPIE. — *Remarque sur l'émission de l'oxygène dilué dans une atmosphère de xénon.* Note (*) de Mme **Renée Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. On sait que lorsqu'on dilue un gaz, tel que l'azote ou l'oxygène, dans un gaz rare, d'importantes modifications peuvent survenir dans la composition du spectre d'émission. Ces modifications sont de deux sortes : 1° changement dans la répartition d'intensité des divers systèmes de bandes connus et augmentation de l'intensité relative des transitions interdites, moléculaires ou atomiques; 2° apparition de nouveaux spectres plus ou moins continus, inobservables dans le gaz pur. Cette dernière est particulièrement importante dans le mélange

Tableau I.

Bandes observées.	limites.	limite caractéristique.	Processus d'émission possibles.	différences.
système vert......	5577-4900	raie aurorale 5577	$O(^1S_0)+O(^3P_2) \rightarrow O(^1D_2)+O(^3P_2)+h\nu$ $O(^1S_0)+Xe(^1S_0) \rightarrow O(^1D_2)+Xe(^1S_0)+h\nu$	très faible
vers 3500 Å...	3350-3620	–	$O(^3P_2)+O(^3P_2) \rightarrow O_2(A)+h\nu$	–
» 3100.....	3058-3126	3126	$O(^1D_2)+O(^1D_2) \rightarrow O(^3P_2)+O(^3P_2)+h\nu$	0,03 eV.
lim. sup. 2938.....	2890-2938	2938	$O(^1S_0)+O(^1D_2) \rightarrow O(^1D_2)+O(^3P_2)+h\nu$	0,03 eV.
vers 2814.....	–	2814	$O(^1S_0)+O(^1S_0) \rightarrow O(^1D_2)+O(^1D_2)+h\nu$	0,04 eV.
» 2650.....	2550-2737	–	–	–
lim. sup. 2430.....	de 2430 Å vers les courtes longueurs d'onde	2430	$O(^3P_2)+O(^3P_2) \rightarrow O_2(X)+h\nu$ $Xe^+(^2P_{\frac{1}{2}})+O(^3P_2) \rightarrow Xe(^1S)+O(^3P_2)+h\nu$	0,02 eV. 0,17 eV.

([3]) J. Barriol et Cl. Cherrier, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1979.

(*) Séance du 24 janvier 1949.

xénon-oxygène, pour lequel les principaux résultats ont déjà été exposés ([1]). Des résultats complémentaires, relatifs à la structure de la bande ultraviolette, aux longueurs d'onde de quelques nouveaux maxima et à une nouvelle tentative d'interprétation seront donnés ici.

Dans le tableau I figure la liste de tous les spectres continus observés jusqu'ici. Dans la première colonne, est inscrite la désignation de la bande étudiée, déterminée, suivant les cas, par la couleur de l'émission, la longueur d'onde de la région spectrale ou une limite caractéristique. Dans la deuxième colonne, sont indiquées les limites approchées et, dans la troisième, la longueur d'onde d'un bord de la bande continue pouvant donner lieu à une interprétation. Celle-ci est suggérée dans la quatrième colonne. Le degré de résonance est illustré, dans la dernière colonne, par l'écart entre l'énergie déduite des observations (colonne 3) et celle disponible dans le processus invoqué (colonne 4), évaluées en électron-volts. La bande 2430 Å est forte et présente des fluctuations difficiles à mesurer; les longueurs d'onde approchées des maxima d'émission sont indiquées dans le tableau II.

TABLEAU II.

Longueurs d'onde des fluctuations observées en émission.

2284 Å....	2262	2238	2218	2200	2183	2167	2153	2138

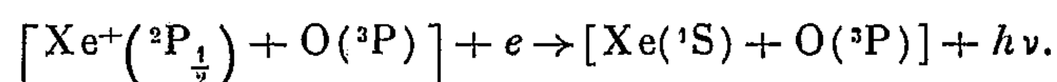
2. Toutes ces bandes sont très faibles ou inexistantes dans les autres gaz rares, on est donc conduit à admettre que l'atome de xénon joue un rôle catalytique important dans ces émissions. Une telle action catalytique a déjà été mise en évidence dans le cas de la bande 4923 Å, émise par l'azote dans une atmosphère de xénon : un atome métastable $N(^2P)$, associé à un atome au niveau fondamental $N(^4S)$, en présence d'un atome non excité $Xe(^1S_0)$, émet un spectre continu dû à une molécule instable au lieu de former la molécule stable $N_2(C^3\Pi)$ ([2]). Tout se passe comme si le xénon prolongeait la durée de vie des atomes $N(^2P)$, empêchait leur recombinaison rapide et rendait ainsi possible la formation de complexes moléculaires instables et l'émission de spectres continus correspondants, habituellement inobservables dans le gaz pur.

3. *Bande* 2430 Å. — Les fluctuations d'intensité décelées dans cette bande continue (tableau II) semblent constituer une difficulté dans le cas du processus $O(^3P) + O(^3P) \rightarrow O_2(X_{v=0}) + h\nu$. Elles ne peuvent être dues, en effet, qu'aux niveaux de vibration de l'état électronique supérieur et la limite du

([1]) R. HERMAN, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 492; R. HERMAN et L. HERMAN, *Journal de Physique*, 7, (8e série), 1946, p. 31; C. KENTY, J.-O. AICHER, E.-B. NOEL, A. PORITSKY et V. PAOLINO, *Physical Review*, 69, 1946, p. 36.

([2]) R. HERMAN et L. HERMAN, *Journal de Physique*, 7, (8e série), 1946, p. 203; R. HERMAN, *Thèse*, Paris, 1945, p. 41.

spectre vers les courtes longueurs d'onde devrait correspondre à l'énergie de dissociation de $O_2(X^3\Sigma)$. Or, celle-ci correspond, au contraire, à la limite du côté des grandes longueurs d'onde. L'attribution des fluctuations aux niveaux de vibration de l'état électronique supérieur serait en accord avec l'accroissement de leurs écarts vers les grandes longueurs d'onde. Si elles appartiennent réellement au même système que le reste de la bande continue, on serait conduit à rejeter le processus ci-dessus et à admettre la réaction



$$\left[Xe^+\left({}^2P_{\frac{1}{2}}\right) + O({}^3P)\right] + e \rightarrow [Xe({}^1S) + O({}^3P)] + h\nu.$$

L'action catalytique pourrait consister dans la formation intermédiaire d'une molécule triatomique $[XeO_2]$, constituée par un atome de xénon et deux atomes d'oxygène, normaux ou métastables. Dans le cas de la bande 4923 de l'azote, citée ci-dessus, l'existence d'une telle molécule est probable. Au niveau supérieur, elle pourrait être formée d'un atome $Xe(3p_0)$ et d'une molécule normale $N_2(X^1\Sigma)$ ou d'un atome normal $Xe({}^1S)$ et d'une molécule instable $[N({}^2P) + N({}^4S)]$. C'est probablement la résonance entre ces deux états qui augmente notablement la stabilité de cette molécule triatomique. Si l'on admettait un processus analogue dans le cas de l'oxygène, les fluctuations observées à l'intérieur de la bande 2430 pourraient peut-être s'interpréter comme correspondant aux niveaux de vibration d'une molécule triatomique.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Détection des particules ionisantes par les cristaux de soufre*. Note (*) de M. **Michel Georgesco**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Reprenant les travaux de J. Wasastjerna [1] sur les forces entre atomes, ions et électrons dans les cristaux, nous avons été conduit à calculer les énergies d'ionisation nécessaires pour faire apparaître une bande de conductibilité dans un cristal bon isolant, ceci, afin d'essayer de trouver un critérium pour le choix des cristaux compteurs.

En effet, à la suite d'une étude de Van Heerden, plusieurs auteurs ont montré que certains cristaux se comportaient comme des compteurs, une impulsion apparaissant, au passage d'une particule ionisante, dans le cristal soumis à un champ électrique [2]; ces résultats sont encore peu cohérents.

Appliquant les calculs de Wasastjerna au ClAg étudié par Van Heerden, on trouve pour le potentiel d'ionisation, une valeur de 7,5 eV, ce qui correspond remarquablement à la valeur déterminée expérimentalement de 7,3 eV.

Encouragé par cette concordance, nous avons étendu ces calculs à de nom-

(*) Séance du 24 janvier 1949.

[1] *Soc. Scient. Fennica*, (Comm. Phys.-Math., VIII, 1936, p. 21).

[2] Corson et Wilson, *Rev. Sci. Inst.*, 19, n° 4, 1948, p. 207.

breux cristaux, pour ne retenir que le cas du soufre pour lequel le potentiel calculé est de 5 eV.

Afin de contrôler ce résultat, nous avons réalisé un montage expérimental comportant un support constitué par deux collecteurs en charbon de cornue appliqués par de légers ressorts contre deux faces opposées du cristal, le tout étant monté sur une tige de quartz; la continuité électrique est obtenue par une couche d'aquadag. L'une des deux faces du cristal est reliée à un préamplificateur suivi d'un amplificateur. Les impulsions à la sortie de l'amplificateur sont simultanément observées sur l'écran d'un oscillographe cathodique et sélectionnées en fonction de leur amplitude par un discriminateur commandant une échelle de 100 (³). Entre l'autre face du cristal et la masse on applique une différence de potentiel réglable.

Les résultats obtenus sont les suivants : tous les 14 cristaux de soufre étudiés comptent les rayons α, trois d'entre eux, les rayons β. L'amplitude des impulsions est proportionnelle à l'énergie absorbée dans le cristal (*fig.* 1 et 2).

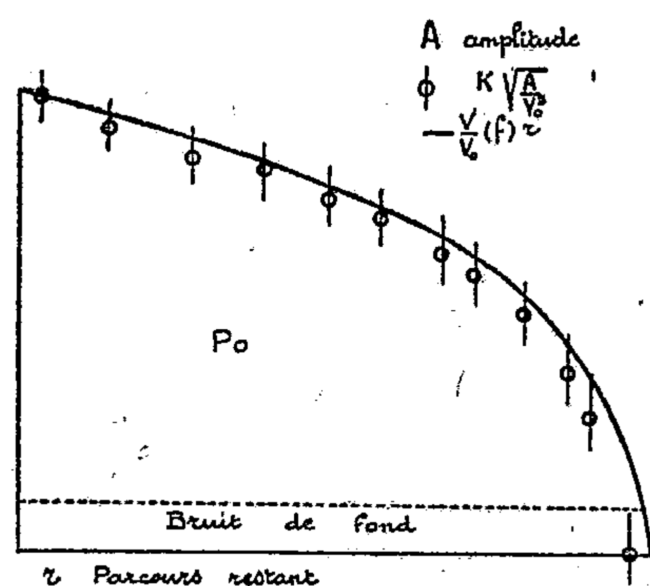


Fig. 1.

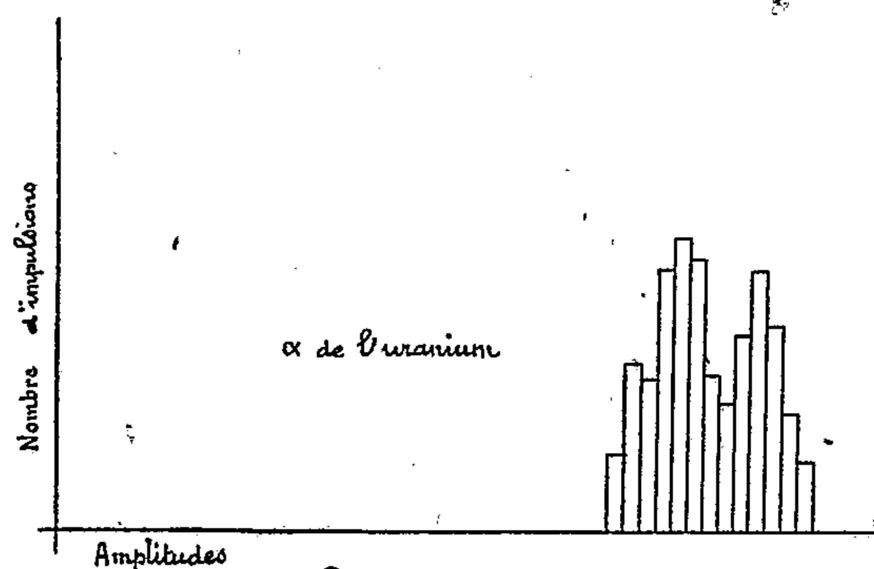


Fig. 2.

Si des particules attaquent simultanément des plans réticulaires de différentes orientations, le cristal est bloqué; cette propriété d'être directionnel explique la faible efficacité observée pour les rayons γ, en effet des photoélectrons peuvent être émis dans toutes les directions bloquant le cristal, de plus les rayons γ pénètrent suffisamment dans le cristal pour que des effets de diffusion aboutissent également à un blocage du cristal.

L'ordre de grandeur du potentiel d'ionisation correspond à la valeur calculée.

La faible amplitude des impulsions nécessite de fortes amplifications qui introduisent des constantes de temps élevées $\sim 10^{-4}$ seconde. Nous ne pensons pas que cette lenteur des impulsions observées soit due au cristal, mais au circuit électronique utilisé. Pour une énergie donnée, les impulsions appa-

(³) L'installation électronique a été conçue par M. Thirion pour des études à la chambre d'ionisation.

raissent pour une certaine valeur du champ, augmentent avec celui-ci, restent sensiblement constantes dans un large intervalle, puis, si l'on continue d'augmenter le champ, les impulsions décroissent et finissent par disparaître (*fig.* 3).

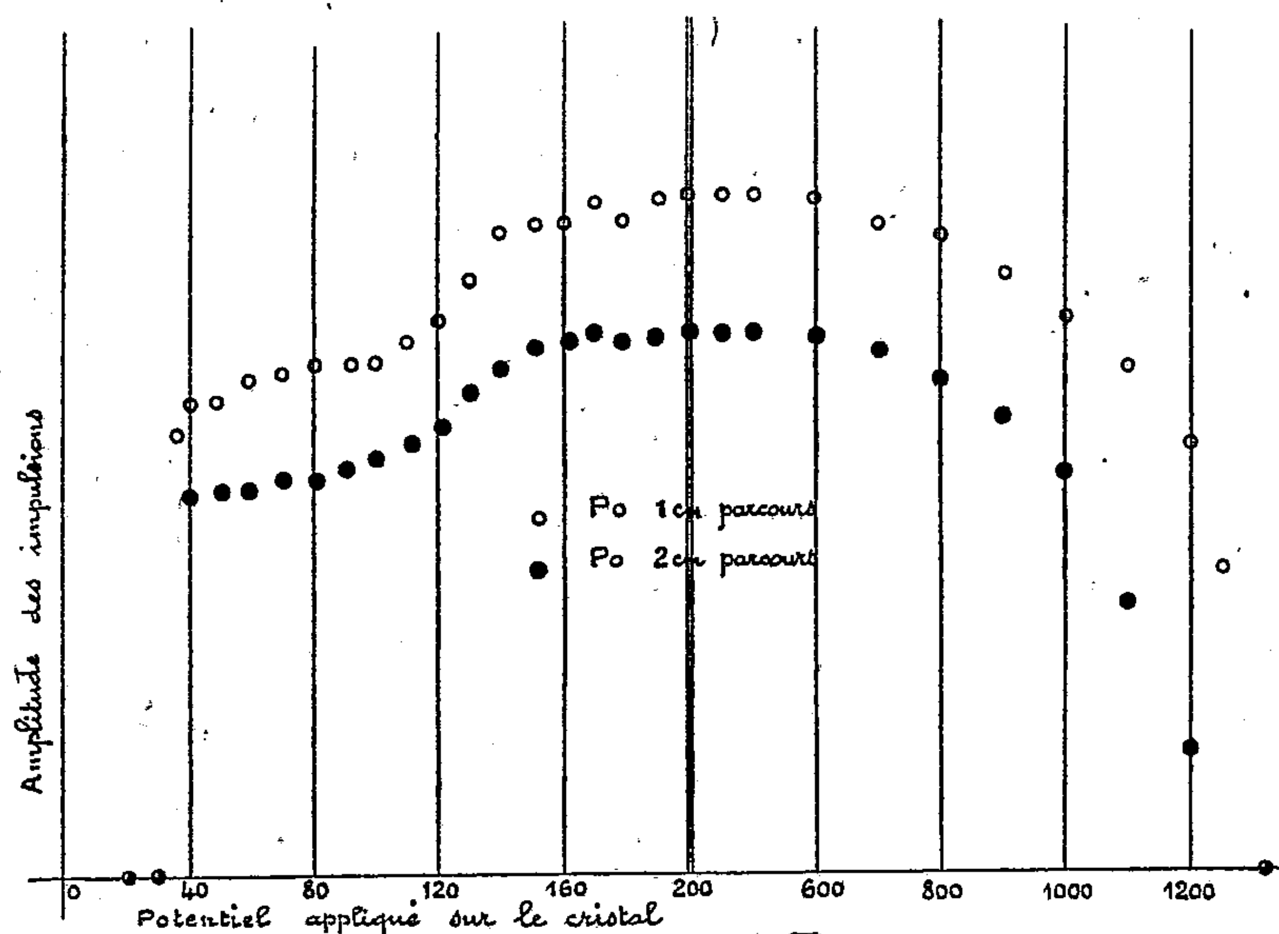


Fig. 3.

Les cristaux de soufre sont parfaitement isolants et peuvent être utilisés à la température ambiante.

Étant des compteurs proportionnels et directionnels pouvant fonctionner avec des champs faibles, à la pression atmosphérique et à la température ambiante, ne nécessitant pas de fenêtre d'entrée et ayant un plan de comptage bien défini, l'on peut prévoir qu'ils rendront de nombreux services dans les recherches nucléaires.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le spectre du rayonnement alpha émis par* RTh + ThX. Note(*) de MM. **Salomon Rosenblum**, **Manuel Valadares** et Mlle **Marguerite Perey**, présentée par M. Aimé Cotton.

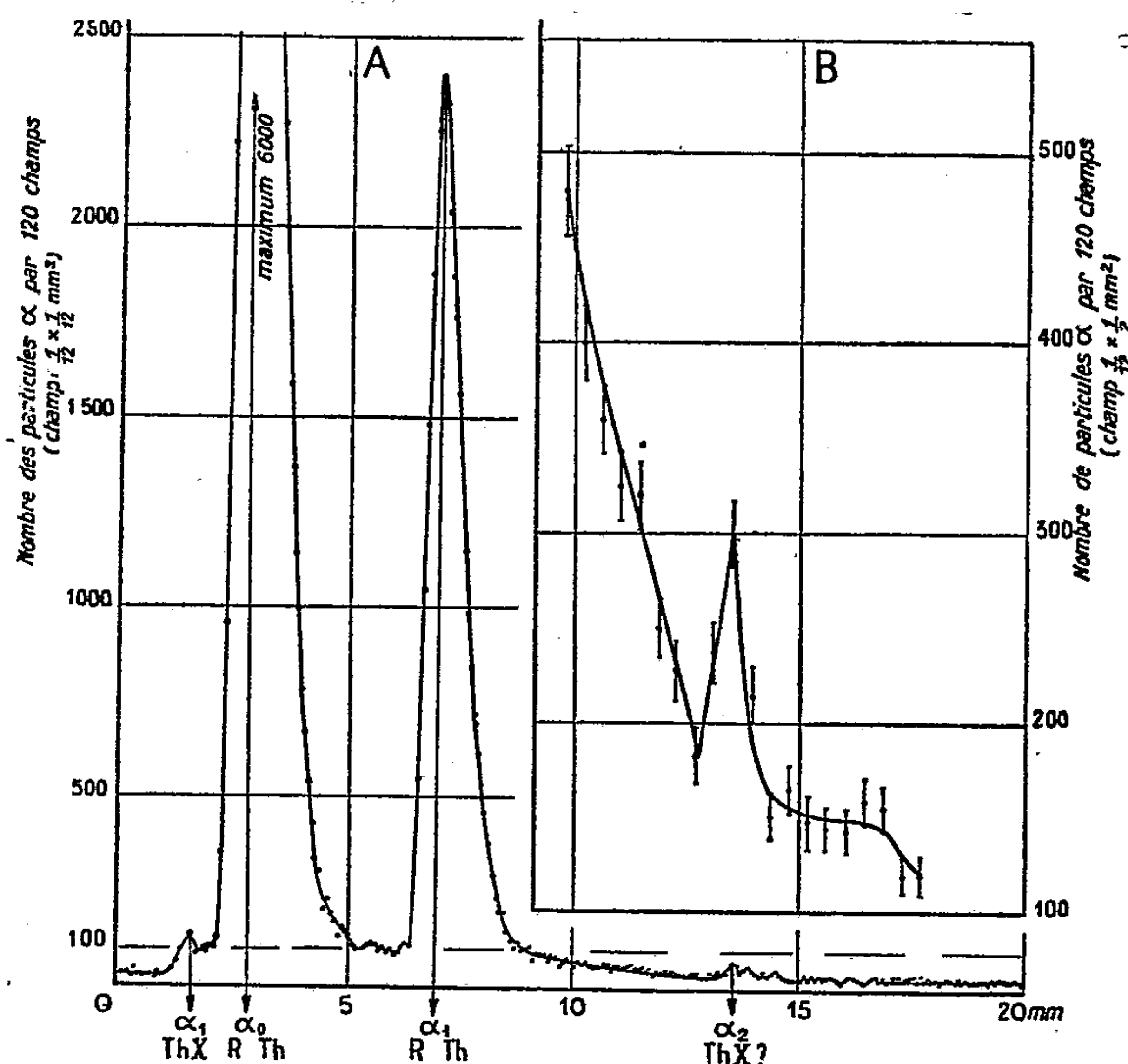
Le spectre électromagnétique émis pendant le passage RTh → ThX donne lieu à une ambiguïté d'interprétation. En effet, du point de vue expérimental, les deux groupes de quanta émis peuvent s'interpréter aussi bien dans l'hypothèse de deux rayonnements $K - L_{II}$ et $K - L_{III}$, que dans l'hypothèse de deux groupes γ, qui coïncideraient avec $K - L_{II}$ et $K - L_{III}$.

Dans l'espoir de pouvoir élucider cette question, nous avons repris l'étude

(*) Séance du 20 décembre 1948.

du spectre α du radiothorium au Laboratoire du Grand Aimant Permanent.

Au cours de ce travail nous avons observé (voir *fig.*) deux nouvelles raies,



dont les intensités dans un des clichés examinés, par rapport à la raie du radiothorium, étaient de l'ordre de grandeur de 1 % et 0,4 %, mais, par la suite, nous avons pu établir que ces deux nouvelles raies appartiennent au spectre α du thorium X qui se forme à partir de RTh pendant l'exposition et qui, d'après nos résultats, récemment confirmés avec des sources de Th X, est complexe. En effet, le spectre magnétique du thorium X exempt de radiothorium n'a pas été étudié auparavant par nous et α_1 Th X ne pouvait pas être séparé, dans les anciennes mesures, de α_0 RTh. La différence entre $\alpha_0 - \alpha_1$ Th X est de 245 keV et un rayonnement gamma de 250 keV a d'ailleurs été signalé dans un travail ancien de von Bayer, Hahn et Meitner [1], comme appartenant au thorium X.

On sait [2] que le spectre magnétique α du radiothorium est constitué par deux groupes : α_0 et α_1 ; nous avons trouvé les résultats suivants :

$$\frac{H\rho\,\alpha_0\,\mathrm{RTh}}{H\rho\,\alpha_1\,\mathrm{RTh}} = 1,0079_6 \quad \text{et} \quad \frac{H\rho\,\alpha_0\,\mathrm{ThX}}{H\rho\,\alpha_0\,\mathrm{RTh}} = 1,0236.$$

(1) Von BAYER, HAHN et MEITNER, *Phys. Z. S.*, 16, 1915, p. 6.

(2) ROSENBLUM et CHAMIÉ, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1154; 196, 1933, p. 1663.

Si l'on admet pour l'énergie α_0 du ThX ([3]) la valeur 5 681 keV, on trouve

α_0 RTh — 5 423 keV,
α_1 RTh — 5 338 keV,

et la différence ΔE d'énergie entre les deux groupes α est

ΔE ($\alpha_0 - \alpha_1$) RTh = 85,2 keV,
ΔE, corrigée du recul = 86,7 keV.

Finalement on s'est attaché à déterminer avec précision le rapport d'intensité entre les deux raies. En prenant pour α_0 la valeur 100 on a déterminé pour α_1 l'intensité 39 ± 1; l'établissement de ce rapport a exigé l'observation d'à peu près 200000 trajectoires de particules α distribuées sur 50000 champs d'observation au microscope ($0,12 \times 0^{mm},12$). Nos anciennes évaluations de l'intensité étaient basées sur des mesures visuelles et n'indiquaient qu'un ordre de grandeur [1/3 et 1/5 pour ($I\alpha_1/I\alpha_0$)]. Le Professeur C. F. Powell a bien voulu faire déterminer dans son laboratoire de Bristol le rapport d'intensité α_1/α_0 sur un de nos clichés, moins exposés. La valeur trouvée par Mme Aitcheson est de 40 %, en excellent accord avec notre valeur.

De l'examen du spectre β on a conclu ([4]), ([5]) à l'existence des deux groupes de quanta de 83,4 et 86,8 keV et dont les intensités seraient dans le rapport 2,6 : 1. Comme on ne trouve aucun niveau α à 170 keV (83,4 + 86,8) de α_0RTh on doit conclure qu'une des raies doit être double. Étant donné le pouvoir séparateur de notre spectographe, un pareil doublet se présenterait comme une raie plus large. D'après la théorie on devrait s'attendre à un faible élargissement de α_1 par rapport à α_0; nous trouvons, au contraire, que α_0 est plus large que α_1 et l'élargissement calculé pour α_1 est observé pour α_0. Nous ne considérons pas encore notre méthode suffisamment bien établie pour exclure la possibilité d'un faible élargissement fortuit, dont les causes nous échappent pour l'instant. Nous continuons le travail, mais il nous a semblé utile de donner dès maintenant les résultats acquis et de signaler les difficultés d'interprétation rencontrées.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'utilisation des méthodes d'absorption et de réflexion sélective dans l'étude de la non-existence d'un mode de désintégration par capture* K *du nuclide* ^{198}Au. Note (*) de M. **Gérard-André Renard**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Par une méthode différente nous avons voulu vérifier et compléter un travail précédent ([1]). Dans la désintégration de ^{198}Au la conversion interne du γ

([3]) Briggs, *Proc. Roy. Soc.*, 139, 1933, p. 638.
([4]) Meitner, *Zeits. für Phys.*, 52, 1928, p. 637.
([5]) Surugue et Tsien, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 172.

(*) Séance du 17 janvier 1949.
([1]) G.-A. Renard, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 310.

de 0,4 MeV (²), suivant la désintégration β^- donne lieu à l'émission du rayonnement K du Hg; si, d'autre part, comme il a été suggéré (³), (⁴), le nuclide ^{198}Au se désintègre également par capture K, nous observerons le rayonnement K du Pt. Pour observer ce ou ces rayonnements, nous avons utilisé la méthode d'absorption sélective et celle de réflexion sélective (⁵).

La source radioactive est située à 10^{cm} de la fenêtre (Al 4 mg/cm²) d'un compteur (3^{cm} d'alcool, 17^{cm} de xénon, point de fonctionnement 2150 volts); sur le trajet des rayons sont interposés successivement des écrans de 3^{cm} sur 1^{cm}, et d'environ 250 mg/cm² d'Au, Os, Ta et Lu; dans le cas de la réflexion sélective, un cylindre de Pb arrête les rayons allant directement de la source au compteur.

Après une première série d'expériences, pour tester la sensibilité de la méthode, nous avons utilisé une source de ^{192}Ir dont 30 % des désintégrations sont accompagnées du rayonnement K du Pt. Nous avons mesuré par la technique des coïncidences le nombre de désintégrations de ^{198}Au et ^{192}Ir.

On a $N = N_\beta N_\gamma / N_{\beta\gamma}$; où N, N_β, N_γ, $N_{\beta\gamma}$ sont respectivement par unité de temps le nombre de désintégrations, d'électrons, de rayons γ et de coïncidences β-γ. On obtient :

$$N_{Au} = 60.10^6 \text{ désint./min.} \quad \text{et} \quad N_{Ir} = 5,8.10^6 \text{ désint./min.}$$

soit

$$N_{K_{Hg}} = 3.10^6 \text{ désint./min.} \quad \text{et} \quad N_{K_{Pt}} = 1,75.10^6 \text{ désint./min.}$$

avec une erreur de l'ordre de 10 %.

Le rayonnement K dû au Hg (conversion interne ($\alpha = 5$ %) d'un γ suivant la désintégration β^- de ^{198}Au) montrera une discontinuité entre le Ta et l'Os.

Le rayonnement K dû au Pt (soit conversion interne ($\alpha = 30$ %) d'un γ suivant la désintégration β^- de Ir, soit capture K possible de ^{198}Au) montrera une discontinuité entre le Lu et le Ta.

Les moyennes des résultats en nombre de coups par minute sont figurées dans le tableau suivant :

			Lu.	Ta.	Os.	Au.
1re série :	Au	Absorption.	740±148	500±100	162±28	230±46
		Réflexion...	297, 1±3, 25	296,8 ±3, 25	374, 6±5, 4	802, 5±41
2e » :	Au	» ...	292±8	302±8	374±6	255±15
	Ir	» ...	34,5±7	81±5	90±3	8±3

(²) G.-A. Renard, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1269-71.
(³) G. J. Sizoo et C. Eykman, *Physica*, 6, 1939, p. 332.
(⁴) S. Jnanananda, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 812.
(⁵) R. D. O'Neal et G. Scharff-Goldhaber, *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 83, 401.

Tenant compte de l'intensité absolue des deux sources et des discontinuités signalées, on a une augmentation du nombre de coups de $78/3.10^6 = 26.10^{-6}$ par photon K_{Hg} et de $46/1,75.10^6 = 21.10^{-6}$ par photons K_{Pt} dû à l'Ir. Dans le cas de ^{198}Au, la probabilité de désintégration par capture K sera $0,3/26.10^{-6} \times 60.10^6 = 2.10^{-4}$, et au maximum en tenant compte des erreurs, $6,8/26.10^{-6} \times 60.10^6 = 4.10^{-3}$.

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus précédemment [1], par compteur proportionnel.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur des oscillations de relaxation d'un type spécial.* Note de MM. **Eugène Darmois** et **Stanislas Dolinski**, présentée par M. Aimé Cotton.

Schönbein semble avoir signalé le premier des oscillations régulières de la f. é. m. d'une pile; d'autres auteurs ont ensuite montré que des oscillations analogues se produisaient quand on fait passer le courant dans certaines solutions électrolytiques. Dans une série très étendue de recherches [1], E. S. Hedges s'est occupé de ces oscillations. La dissolution anodique du cuivre dans HCl concentré est un exemple; celle de l'argent dans une solution de KCN en est un autre. L'intensité baisse, la tension aux bornes du voltamètre monte; puis la tension tombe à une valeur plus faible pendant que le courant s'accroît. Le phénomène peut être assez régulier, la fréquence des oscillations, dans le cas de Cu et HCl, dépend de la densité de courant; au-dessus d'une certaine densité, la fréquence est constante, après quoi elle tombe. Hedges a eu l'idée de faire tourner l'anode; la vitesse de rotation augmentant, la fréquence constante ci-dessus augmente, la densité critique de courant augmente aussi. Hedges propose d'admettre qu'une couche peu soluble (ClCu pour le cuivre) se forme sur l'anode; jusqu'à une certaine densité de courant, cette couche peut être enlevée en faisant tourner l'anode; si la densité est trop forte, on n'arrive plus à enlever la couche et la fréquence diminue. Nous sommes arrivés à un résultat beaucoup plus net en fixant les électrodes sur un diapason qu'on met en vibration; dans ces conditions, les oscillations sont entièrement supprimées. En même temps, il se produit sur les deux électrodes un polissage partiel sur lequel nous espérons revenir. Nous donnerons seulement quelques détails sur l'explication possible des oscillations dans le cas de l'argent et de CNK. Nous avons obtenu des oscillations très nettes avec le bain suivant :

Eau 1000^g; NO_3Ag 45^g; CNK 150^g; KOH 20^g.

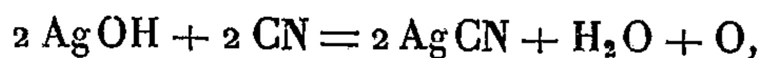
Les connexions assurent aux bornes du voltamètre une différence de potentiel

(1) E. S. Hedges et coll., *J. Chem. Soc.*, 1924 à 1929.

de 2,5 volts, avec une densité de courant de 0,03 amp. par centimètre carré. Dans ces conditions la période des oscillations est à peu près 1/3 de seconde. L'enregistrement de l'oscillation montre que le potentiel monte très rapidement (1/100 sec), puis descend lentement. Les résultats dépendent des proportions relatives des constituants de la solution, par exemple quand on fait croître la proportion de KOH la fréquence des oscillations diminue; elles peuvent même être supprimées pour la composition suivante :

Eau 1000g; NO_3Ag 35g; CNK 100g; KOH 400g.

D'après nous l'explication du phénomène serait la suivante : l'électrolyse serait celle de KOH. A la cathode, il y aurait dégagement d'hydrogène; à l'anode, décharge de OH qui se combine aussitôt à l'argent pour donner AgOH. D'après les nombres ci-dessus, par centimètre carré, il se déposerait en 1/100 sec, $6.10^{23}\,3.10^{-9}\,OH = 0,18.10^{16}(OH)$. D'après les données bibliographiques, le rayon de OH non chargé serait voisin de 1 Å. Sur un centimètre carré, on peut donc mettre $10^{16}/4\,(OH) = 0,25.10^{16}(OH)$. Il est donc probable qu'en 1/100 sec, une couche monomoléculaire est formée. L'expérience montre d'ailleurs que la couche visible qui se forme sur l'anode est colorée; elle prend successivement les teintes du premier ordre des lames minces et, avec la composition première donnée, elle se détruit quand la coloration est le violet du premier ordre, donc l'épaisseur de 1/2 μ environ; il doit donc s'ajouter d'autres couches sur la première. Ces couches ne seraient pas continues, le courant passant par les trous, avec augmentation de la densité de courant. Quand celle-ci a une valeur suffisante, la décharge de CN^- doit être possible avec formation de CNAg suivant l'équation



$$2\,AgOH + 2\,CN = 2\,AgCN + H_2O + O,$$

CNAg se dissout alors dans CNK.

La montée de la différence de potentiel s'expliquerait par la polarisation des deux électrodes et surtout par celle de l'anode. Quand on a obtenu une couche durable avec le deuxième bain indiqué, on ferme le voltamètre sur un voltmètre; la tension tombe immédiatement de 2,4 volts à 1 volt, puis en 15 secondes environ à 0,7 volt, l'anode étant presque incolore, puis brusquement à 0,12 volt, tension qui peut subsister pendant 1/2 heure.

Nous avons vérifié directement qu'une pile Ag | AgOH | KOH | Ag donne une f. é. m. de l'ordre de 0,2 volt avec son pôle + du côté AgOH.

Dans un travail antérieur ([2]), Gilbertson et Fortner ont rencontré de telles couches sur l'argent, dans le cas où le bain d'argenture ne contient pas suffisamment de cyanure; ils supposent qu'il s'agit de CNAg et ils retrouvent le polissage partiel signalé plus haut.

Nous nous occupons actuellement de stabiliser les oscillations ainsi obtenues.

([2]) *Trans. Electroch. Soc.*, 81, 1942, p. 199.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des propriétés diélectriques du verre.* Note (*) de MM. **André Danzin** et **Pierre Meunier**, présentée par M. Paul Pascal.

Pour étudier le pouvoir inducteur spécifique ε et l'angle de perte δ dans la gamme 300 Kc 10 Mc, nous utilisons un Q-mètre au-dessous de 300° C. Au delà, nous plaçons dans un four, à la température T_0, un échantillon de verre soumis à un champ électrique de fréquence F et d'intensité E. Une mesure très rapide de la résistivité en courant continu permet d'atteindre la température interne.

La figure 1 montre le réseau des courbes d'échauffement pour différentes températures T_0 avec le verre Neutrohm T (F=1 Mc, E=1250 V/cm). Le phénomène conduit au bout de quelques minutes à une température d'équilibre T_1 évidemment variable avec les conditions du refroidissement.

Sans changer le montage, on reproduit l'échauffement $T_1 - T_0$ en substituant au champ de fréquence élevée F un champ à 50 cycles/sec. On en déduit facilement la puissance active dissipée, puis le facteur de pertes

$$\pi = \frac{\varepsilon \operatorname{tg}\delta}{1 + \operatorname{tg}^2\delta}.$$

Nous avons vérifié que, pour des champs E variant de 400 à 1500 volts/cm, la puissance dissipée est proportionnelle à E^2, c'est-à-dire que π et, comme il ne saurait y avoir compensation, isolément ε et $\operatorname{tg}\delta$ sont indépendants de E.

Nos mesures ont touché un assez grand domaine de compositions chimiques (SiO_2 : 40 à 75 % — $R_2O + R_0$: 10 à 40 %) pour pouvoir généraliser les résultats suivants :

A fréquence fixe, ε croît faiblement avec la température. Le coefficient thermique entre 25 et 100° C. est selon les verres de l'ordre de 100.10^{-6} à 1000.10^{-6}; il croît légèrement avec la température et est d'autant plus petit et constant que la résistivité massique est plus élevée. Les courbes de la figure 2 sont relatives aux verres Neutrohm T (température où $\rho = 10^{-8}\,\Omega$/cm, $T_K 100 = 335°$ C.) et Moly A_{119} ($T_K 100 = 220°$ C.). ε est une fonction légèrement décroissante de la fréquence; l'amplitude des variations est d'autant plus grande que la résistivité massique est plus faible. La stabilité de ε est d'autant plus grande que le $T_K 100$ est plus élevé.

Aux basses températures, $\operatorname{tg}\delta$ (*fig.* 3 et 4) dépend peu de la fréquence et de la température. Les variations s'amplifient à mesure que la température croît, surtout aux basses fréquences. Aux températures suffisamment élevées, les pertes de conductibilité croissent exponentiellement et sont en première

(*) Séance du 21 juin 1948.

approximation, inversement proportionnelles à la fréquence lorsque celle-ci est assez basse. Quelles que soient la température et la fréquence, tgδ est d'autant plus faible et plus stable que le point T_K 100 est plus élevé.

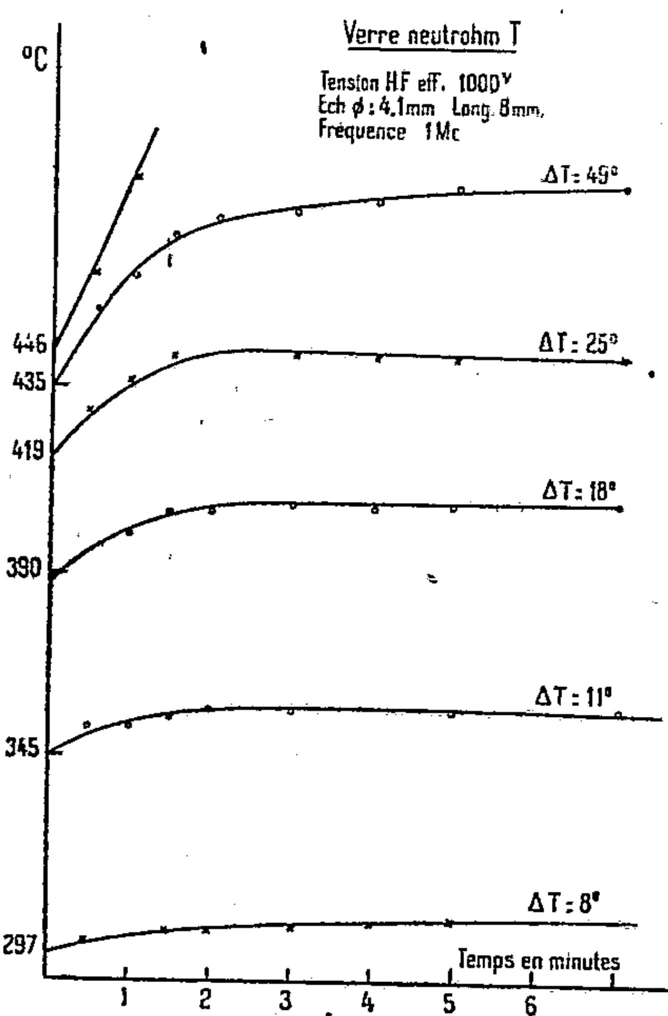


Fig. 1.

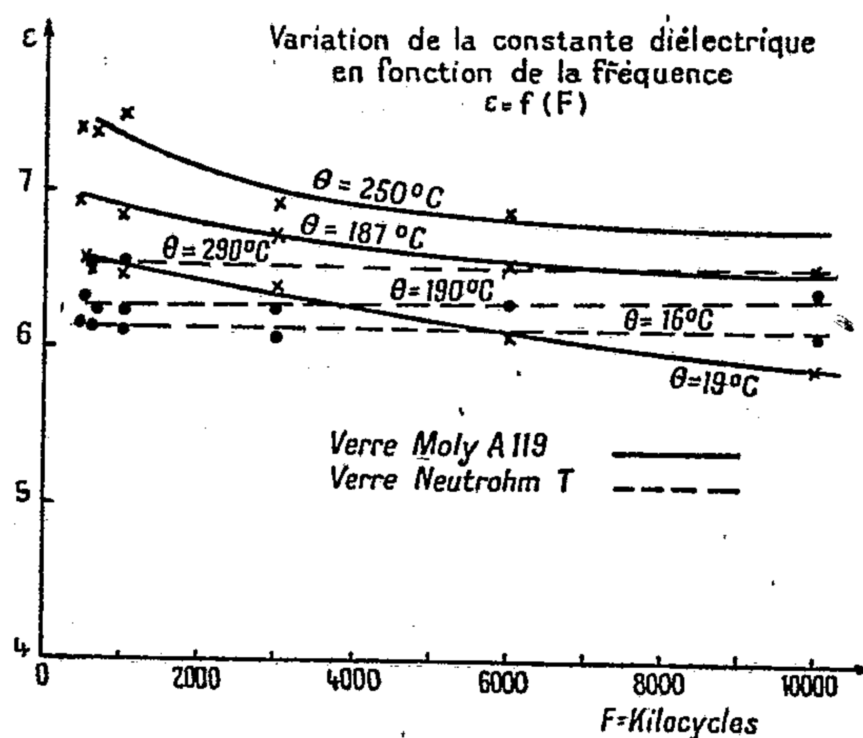


Fig. 2.

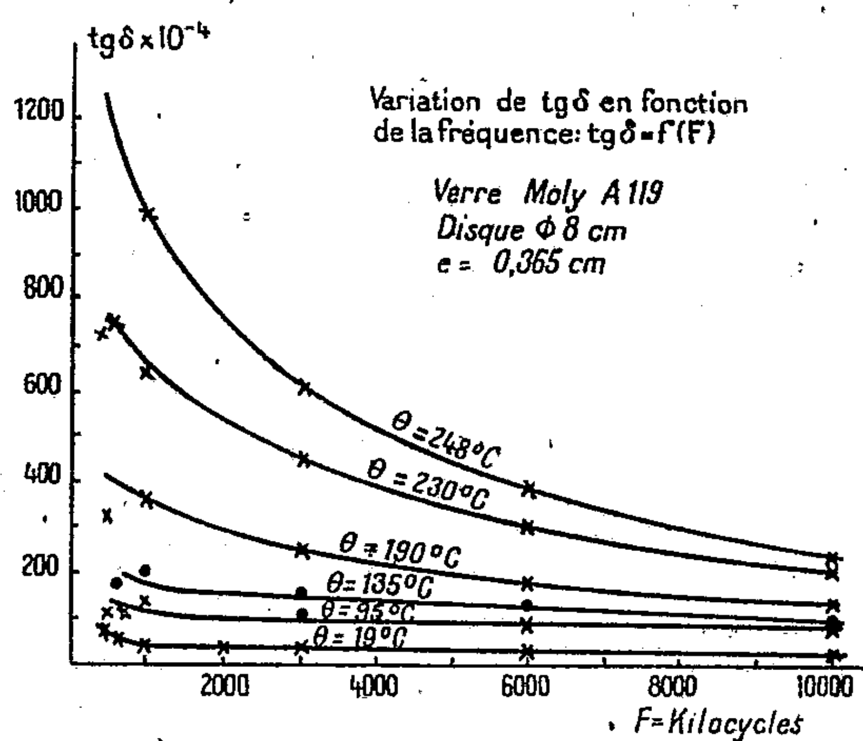


Fig. 3.

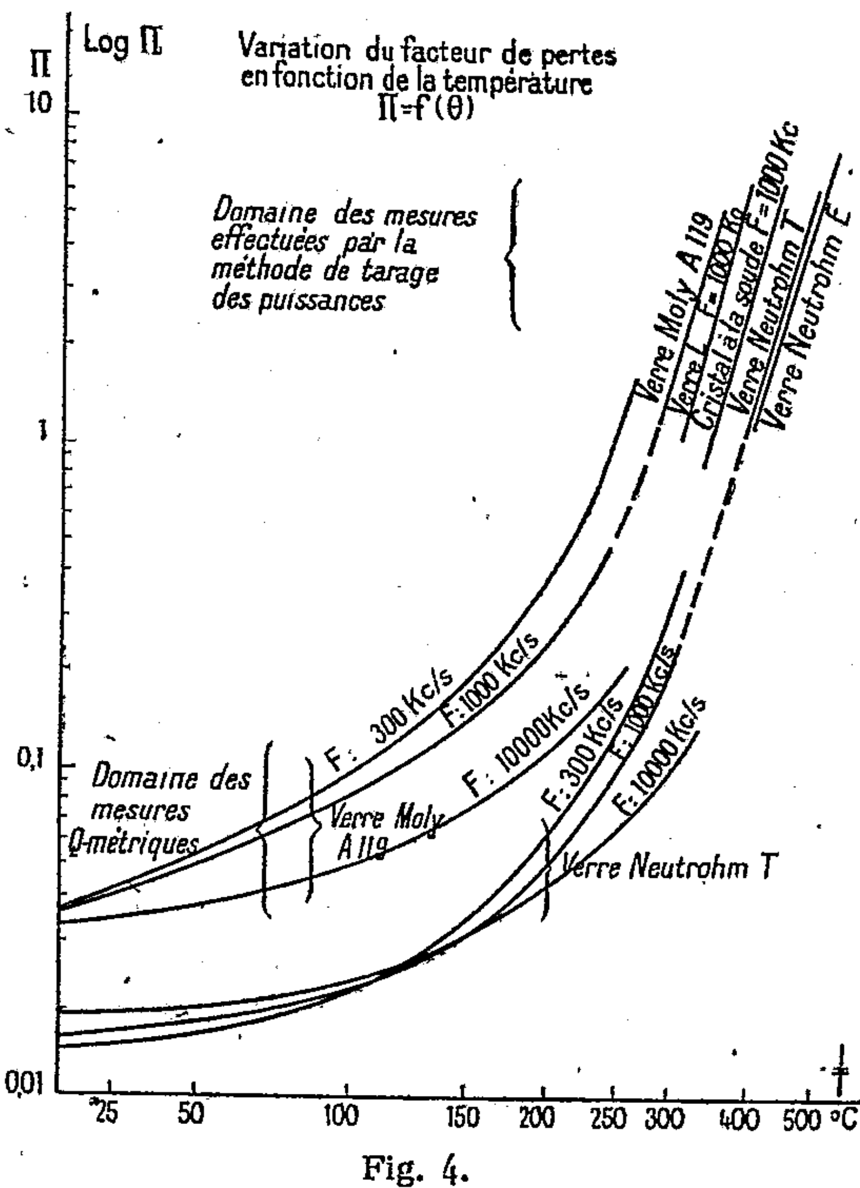


Fig. 4.

Cette allure des phénomènes caractérise l'état vitreux des silicates et varie fort peu avec la composition chimique. Au moins, pour $F < 10$ Mc, la valeur de tgδ et les variations de ε et de tgδ sont liées en première approximation à la résistivité massique en courant continu et ont donc leur siège dans les facteurs qui gouvernent cette dernière.

Aux basses moyennes fréquences, le verre apparaît donc comme un gaz d'ions soumis à certaines lois (degré de dissociation, mobilité) imposées par la structure. Ces ions quasi libres sont les seuls qui participent aux échauffements sous l'action des champs électriques, par un mécanisme que nous nous proposons d'étudier.

Devant les variations de ρ, ε et tang δ, dues à la température et à la fréquence, celles qui résultent de l'état de recuit ou de trempe sont, en première approximation, négligeables à l'échelle que nous avons adoptée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dispersion des suspensions argileuses aux ultrasons. Interprétation des résultats au microscope électronique.* Note (*) de Mlle **Agnès Mathieu-Sicaud** et M. **Gustave Levavasseur**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons cherché à étudier l'influence de la fréquence des ondes ultrasonores sur la dispersion des particules de kaolinite et de montmorillonite en suspension dans l'eau.

On a utilisé deux sortes de suspensions : une *suspension témoin* et une *suspension stabilisée.* La première est obtenue après 15 minutes de décantation, à partir de 100^{cm^3} d'eau distillée, contenant $0^g,5$ de produit. La seconde se fait en milieu alcalin de pH 9, par addition d'ammoniaque à la suspension témoin et longue agitation mécanique.

Chacune de ces suspensions a été exposée aux ultrasons, dans les conditions déterminées par une précédente Note (1). On a utilisé un régime d'ondes stationnaires, à puissance maximum, par périodes successives de 3 minutes. La température a été maintenue constante et inférieure à 30°.

L'état de dispersion a été contrôlé au néphélomètre et l'interprétation des résultats a été effectuée au microscope électronique.

1. *Étude néphélométrique.* — Le degré de dispersion est encore défini par la différence entre les déviations du galvanomètre observées pour la solution initiale d'une part et pour la solution après passage aux ultrasons. La dispersion en fonction de la fréquence est alors représentée pour les suspensions témoins par les courbes *a* (*fig.* 1 et 2) et pour les suspensions stabilisées chimiquement par les courbes *b* (*fig.* 1 et 2).

Conclusion. — Le degré de dispersion des suspensions varie avec la fréquence et passe par un maximum à 960 KC pour la kaolinite et 320 KC pour la montmorillonite quelle que soit la suspension utilisée à l'instant initial.

2. *Étude au microscope électronique.* — Pour la kaolinite on a établi les

(*) Séance du 24 janvier 1949.

(1) A. Mathieu-Sicaud et G. Levavasseur, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 196.

courbes de distribution de taille des particules suivant les méthodes courantes ([2]) dans quatre cas convenablement choisis.

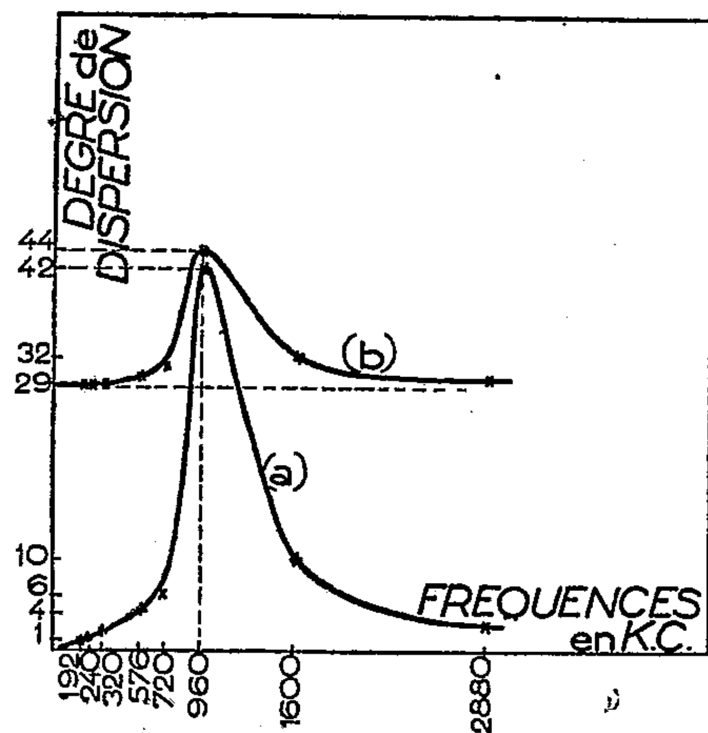


Fig. 1.

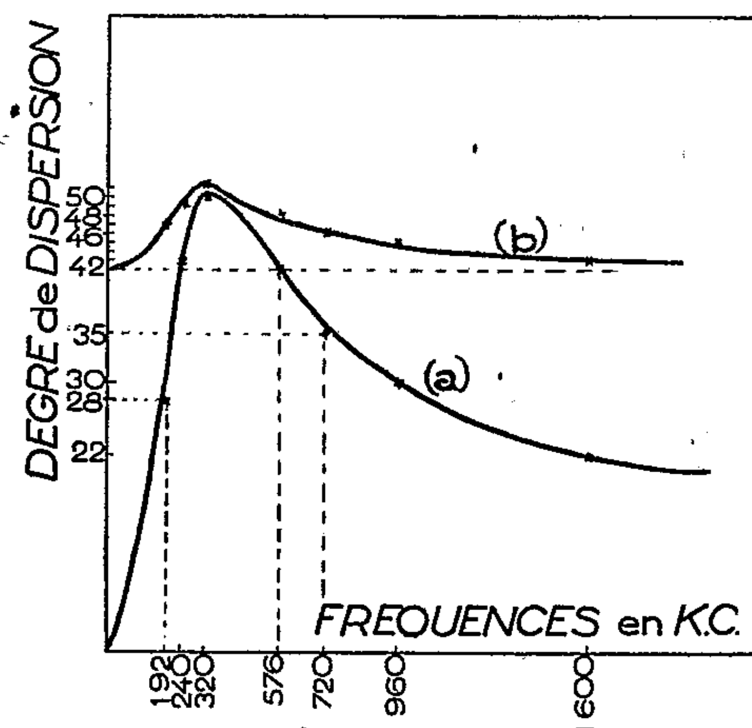


Fig. 2.

Kaolinite témoin. — On a compté 198 grains répartis en 16 clichés, ce qui fixe la dimension moyenne des particules à 1 μ (courbe 3, *fig.* 3).

Kaolinite stabilisée traitée à 960 KC. — On a compté 172 particules pour 7 clichés. Ce cas correspond à une valeur moyenne de 1000 Å (courbe 4, *fig.* 4). On a vérifié que la kaolinite non stabilisée traitée à 960 KC conduisait au même résultat.

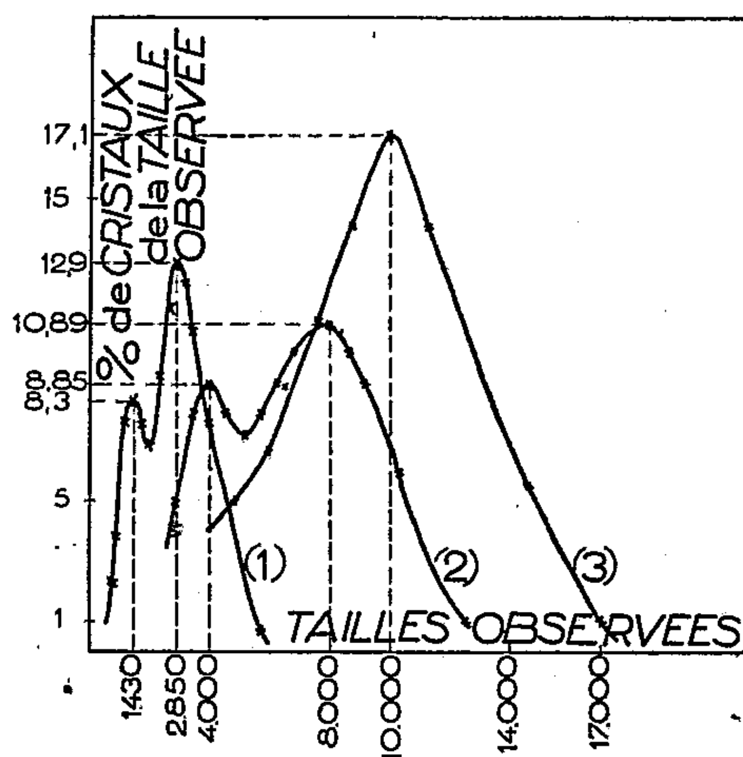


Fig. 3.

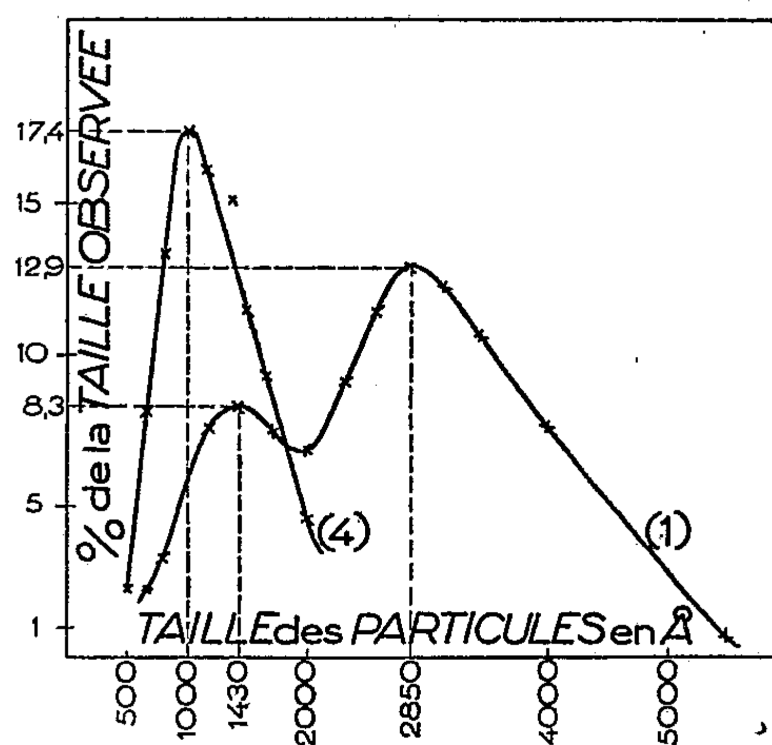


Fig. 4.

Kaolinite stabilisée par l'ammoniaque. — On observe sur les 9 clichés (262 particules) une double distribution autour des valeurs 1 400 Å et 2850 Å (courbes 1, *fig.* 3 et 4).

([2]) J.-H.-L. Watson, *J. Appl. Phys.*, juillet 1947, p. 181.

Kaolinite témoin traitée à 1600 KC. — Ce cas est intermédiaire entre la kaolinite stabilisée chimiquement et la kaolinite témoin (courbe 2, *fig.* 3). La double distribution se fait entre 4000 Å et 8000 Å.

Dans le cas de la montmorillonite, les clichés ne permettent pas une mesure précise des dimensions des particules. La montmorillonite témoin donne une valeur moyenne de particules de 3μ. La stabilisation par l'ammoniaque montre une double distribution autour de 4000 Å et 1μ. Enfin, après traitement à 320 KC la dimension moyenne est d'environ 1700 Å.

Conclusion. — L'étude au microscope électronique montre la *supériorité des ultrasons* par rapport aux moyens chimiques usuels, *pour l'obtention de sols de kaolinite*, comportant à la fois des *particules fines et monodispersées*. En outre les observations précédentes mettent en évidence le fait que *chaque fréquence ultrasonore correspond à une dimension particulaire différente* (courbe 2, *fig.* 3 et courbe 4, *fig.* 4) qui s'échelonne de 1μ à 1000 Å.

Pour la montmorillonite dont les particules sont plus grosses, la *fréquence dispersive est plus basse* et l'action des ultrasons est moins nette.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude des complexes du manganèse avec le cyanure et l'ammoniaque par la méthode polarographique et l'oscillographe cathodique.* Note (*) de Mlle **Martine Bourrelier**, présentée par M. Louis Hackspill.

Une anomalie ayant été observée dans les courbes oscillographiques du manganèse dans une solution de cyanure de potassium ancienne (décomposée partiellement en NH_3 et HCOOK), l'étude de ces courbes a été entreprise.

La méthode utilisée est celle décrite par J. Heyrovsky et J. Forejt ([1]) qui consiste, par superposition d'un courant alternatif et d'un courant continu, à mettre en évidence à l'oscillographe les différents paliers de réduction et d'oxydation. Les solutions de base sont des mélanges obtenus à partir d'une solution fraîche normale de cyanure de potassium et d'une solution normale



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

en ammoniaque et chlorure d'ammonium. Pour éviter tout risque d'oxydation, les mesures sont faites en atmosphère d'azote.

L'explication des courbes en ammoniaque seule (*fig.* 1) et en cyanure

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) *Z. physik. chem.*, **193**, 1943, p. 77.

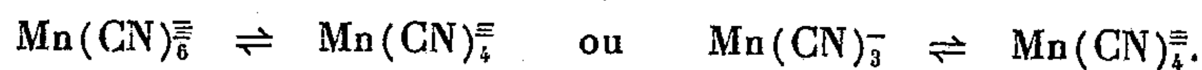
seul (*fig.* 3) a été donnée par J. Heyrovsky (²). Mais il faut remarquer en outre qu'avec l'amoniaque les paliers apparaissent dès l'addition du sel de manganèse (SO_4Mn ou Cl_2Mn), tandis qu'en cyanure ils n'apparaissent qu'après quelques secondes et croissent peu à peu jusqu'à atteindre une grandeur constante au bout de 10 minutes environ. Alors que le complexe ammoniacal est $Mn(NH_3)_x^{++}$, donc positif, en cyanure il est $Mn(Cn)_6^{\equiv}$ ou $Mn(CN)_3^{-}$, donc négatif; ces ions ne sont pas en contact avec la goutte lorsque son potentiel décroît et ne peuvent donc pas être réduits; le courant variable et les chutes de gouttes provoquent des mouvements d'ions qui permettent la réduction de quelques-uns à chaque passage de la goutte au potentiel voulu; la quantité d'ions réagissant augmente peu à peu car, une fois près de la goutte, leur faible mobilité ne leur permet pas de s'en éloigner et les ions $Mn(CN)_4^{=}$ produits sont bien au contact de la goutte lorsque son potentiel croît.

En mélange de cyanure et d'ammoniaque, la courbe a la même allure et se développe de la même façon avec le temps quel que soit le rapport de leurs concentrations. Dès l'addition de SO_4Mn (*fig.* 1), il apparaît comme en ammoniaque seule le palier cathodique à — 1,6 V qui correspond au processus

$Mn(NH_3)_x^{++} \rightarrow Mn^{++} \rightarrow Mn^{+} - \theta, \quad Mn^{+} + \theta \rightarrow Mn$ dont le potentiel est dépassé.

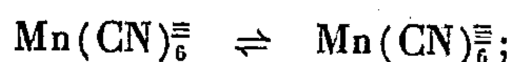
Le palier anodique 1′ est supprimé à cause de la stabilité des ions Mn^{+} en cyanure. Deux minutes après l'addition de SO_4Mn (*fig.* 2), il apparaît :

1° Vers — 0,7 V, les deux paliers symétriques obtenus en cyanure seul qui correspondent au processus :



$$Mn(CN)_6^{\equiv} \rightleftharpoons Mn(CN)_4^{=} \quad \text{ou} \quad Mn(CN)_3^{-} \rightleftharpoons Mn(CN)_4^{=}.$$

2° Vers — 0,3 V, deux paliers symétriques dits paliers intermédiaires qui traduisent la réaction à un seul électron,



$$Mn(CN)_6^{\equiv} \rightleftharpoons Mn(CN)_6^{\equiv};$$

en effet, G. Grube et W. Brause (³) donnent — 0,73 V et — 0,22 V pour potentiels de ces réactions, ce qui est bien concordant étant donné la différence des solutions de base. Mais tandis que les paliers 1 croissent lentement comme en cyanure seul, les paliers 2 sont tout de suite très grands, puis ils décroissent et disparaissent au bout d'une demi-heure environ. Le palier à — 1,6 V diminue en même temps que les paliers 2 et disparaît si la concentration en ammoniaque est inférieure à 1 N; si bien que les paliers à — 0,73 V demeurent seuls visibles à la fin (*fig.* 3). Mais une élévation de température ou une addition de sel de manganèse font réapparaître pour quelques minutes les paliers

(²) *Ost. chem. Z.*, 48, 1947, p. 24.
(³) *Ber.*, 60, 11, 1927, p. 2273.

disparus. La diminution des paliers intermédiaires coïncide avec la formation d'un précipité vert de $Mn(CN)_3^-$.

Il semble donc que le processus $Mn^{+++} \rightleftharpoons Mn^{++}$ n'a lieu que lorsque la concentration des ions CN^- autour des ions Mn^{++} est suffisante pour donner $Mn(CN)_6^{\equiv}$ et que la concentration de Mn formé à $-1,6$ V est assez grande; ces paliers intermédiaires deviennent vite très grands car la réaction est alimentée par les deux décompositions des complexes de l'ammoniaque et du cyanure. Les complexes $Mn(CN)_6^{\equiv}$ et $Mn(CN)_6^{\equiv}$ peu stables se décomposent le premier par réduction, le deuxième en donnant $Mn(CN)_3^-$; il en résulte la disparition des paliers intermédiaires. D'ailleurs le palier anodique est toujours plus grand que le palier cathodique, ce qui indique une décomposition partielle de $Mn(CN)_6^{\equiv}$ entre les deux. En ce qui concerne le cas des vieilles solutions de cyanure, on doit attribuer la non-existence de palier cathodique à $-0,22$ V à la réduction de l'ion $Mn(CN)_6^{\equiv}$ par le formiate. La vie courte des paliers intermédiaires les rend invisibles à l'électrode à jet ou dans la méthode polarographique simple, celle-ci renseigne seulement sur la cinétique de la transformation du complexe ammoniacal dans le complexe du cyanure.

En résumé, cette étude oscillographique met en évidence la formation instantanée du complexe ammoniacal, la formation lente et la stabilité plus grande des complexes du cyanure avec l'ion Mn^{++}, la faible stabilité du complexe avec l'ion Mn^{+++}, enfin la possibilité d'atteindre la valence Mn^{+++} par oxydation de Mn, Mn^+, Mn^{++}.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure électronique et couleur des hydrocarbures conjugués contenant une triple liaison.* Note (*) de MM. **Gaston Berthier** et **Bernard Pullman**, presentée par M. Louis de Broglie.

L'objet de la présente Note consiste à préciser les caractéristiques de la conjugaison d'une triple liaison C≡C avec un groupe de doubles liaisons, par comparaison de la structure des dérivés phénylés de l'éthylène et de l'acétylène. Jusqu'ici seuls paraissent avoir été étudiés la triple liaison isolée ou le système de triples liaisons conjugées ([1]).

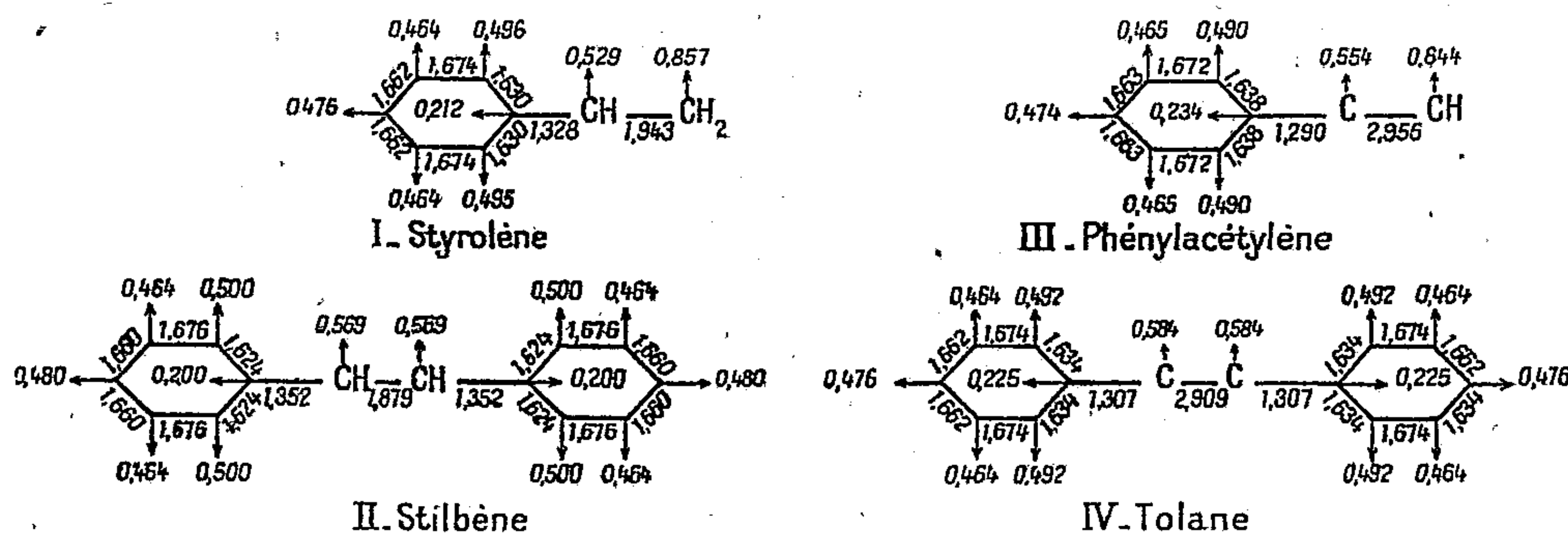
Les diagrammes moléculaires du styrolène (I) et du stilbène (II) ont été obtenus par une seconde itération à partir des diagrammes primitivement construits pour ces corps dans l'approximation attribuant la même intégrale d'échange β à toutes les liaisons C—C ([2]). Les relations connues existant

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) *Voir* surtout : R. S. Mulliken, C. A. Rieke et W. G. Brown, *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 41.

([2]) Buu-Hoi, C. A. Coulson, P. Daudel, R. Daudel, M. Martin, A. Pullman et B. Pullman, *Revue Scien.*, 1947, p. 1041. Les calculs de la présente Note ont été effectués par la méthode

entre l'indice d'une liaison, sa longueur et la valeur de β correspondant conduisent à assigner pour les liaisons extracycliques (le β benzénique étant pris pour unité) : $\beta_{C=C} = 1{,}14\ \beta$ et $\beta_{C-C} = 0{,}83\ \beta$ dans (I) et $\beta_{C=C} = 1{,}08\ \beta$ et $\beta_{C-C} = 0{,}83\ \beta$ dans (II). Pour le phénylacétylène (III) et le tolane (IV) les valeurs des β correspondants ont été déduites directement des résultats des mesures des distances interatomiques dans (IV) ([3]). On a adopté pour les liaisons extracycliques de ces deux molécules : $\beta_{C\equiv C} = 1{,}7\ \beta$ et $\beta_{C-C} = 0{,}9\ \beta$.



Répartition des indices de liaisons totaux et de la valence libre.

Les diagrammes des dérivés acétyléniques, construits à l'aide de ces données, ne donnent pas d'image définitive de la distribution des indices dans ces molécules : en premier lieu, le calcul ne rend pas compte des changements des rayons atomiques, correspondant au changement de l'état de valence, dont les répercussions seraient surtout importantes sur le système extranucléaire. Il en résulte, en particulier, que la liaison $C_{acét} - C_{arom}$ a un indice plus faible que ne l'est certainement son indice réel, notre résultat étant d'ailleurs analogue à celui obtenu par Mulliken dans le cas du méthylacétylène et des composés semblables. De plus, la part de la conjugaison π_y n'est pas explicitée. Ces approximations ne diminuent cependant pas la validité des résultats concernant la résonance du système π_x, résonance essentielle pour la détermination de la configuration des noyaux et la distribution des niveaux énergétiques intervenant dans l'absorption des longueurs d'onde les plus grandes.

Les conclusions principales peuvent se résumer ainsi :

1° La comparaison des indices π des liaisons extracycliques doubles et triples dans (I) et (III), puis dans (II) et (IV) indique que *la délocalisation des électrons π d'une triple liaison est inférieure à celle des mêmes électrons d'une*

---

des orbitales moléculaires. Les indices sont évalués selon la systématique décrite dans cette référence avec la seule différence que N_{max} est ici pris égal à 4,8, conséquence de certains calculs plus récents [G. Berthier et B. Pullman, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse)].

([3]) J. M. Robertson et J. Woodward, *Proc. Roy. Soc.*, A, **164**, 1938, p. 436.

liaison double, résultat en accord avec les mesures des potentiels d'ionisation correspondants ([4]);

2° La plus faible capacité de résonance d'une liaison triple se répercute sur la structure du noyau benzénique : *celui-ci est moins perturbé dans les dérivés acétyléniques que dans les dérivés éthyléniques*;

3° La conclusion la plus importante a toutefois trait au problème de la couleur. On sait que les dérivés acétyléniques sont *moins colorés* que les dérivés éthyléniques correspondants : la longueur d'onde ultra-violette absorbée augmente quand on passe de l'éthyl-benzène au phénylacétylène puis au phényléthylène. De même, le dibenzyle absorbe peu, le stilbène absorbe tout près du visible, le tolane a une absorption intermédiaire. Nos calculs indiquent les valeurs suivantes pour les énergies d'excitation correspondant au passage de l'état fondamental au premier état excité : 1,5392 β dans (I), 1,7778 β dans (III), 1,2088 β dans (II) et 1,4872 β dans (IV). *La plus faible énergie d'excitation des dérivés éthyléniques explique leur plus fort effet bathochrome.*

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le calcul des distances interatomiques.* Note (*) de MM. **Claude Vroelant** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude rigoureuse des indices d'échange du naphtalène selon la méthode des états de spin vient d'être réalisée ([1]). L'emploi de la courbe ([1]) reliant ceux-ci aux distances interatomiques permet la détermination de celles-ci. Le tableau suivant compare les résultats ainsi obtenus (VD) avec ceux de Penney ([2]) (P), Coulson ([3]) (C) et Pauling ([4]), Brockway et Beach (PBB). Les résultats VD peuvent être considérés parmi les plus précis et leur comparaison avec l'expérience serait très instructive.

10, 1, 2, 3, 4, 5

Numérotations.

Désignation des liaisons.	Distances VD.	P.	C.	PBB.
1-2	1,385	1,38	1,38	1,39
2-3	1,408	1,40	1,40	1,42
4-5	1,420	1,40	1,40	1,44
5-10	1,415	1,42	1,42	1,40

([4]) A. D. Walsh, *Ann. Rep.*, 44, 1947, p. 32; *Quater. Rev.*, 2, 1948, p. 73.

(*) Séance du 24 janvier 1949.

([1]) Vroelant et Daudel, *Bull. Soc. Chim. de France* (sous presse).

([2]) *Proc. of the Royal Society* (London), A, 158, 1937, p. 306.

([3]) *Ibid.*, A, 169, 1939, p. 413, et *Proc. of the Royal Society* (Édimbourg), A, 61, 1941, p. 115.

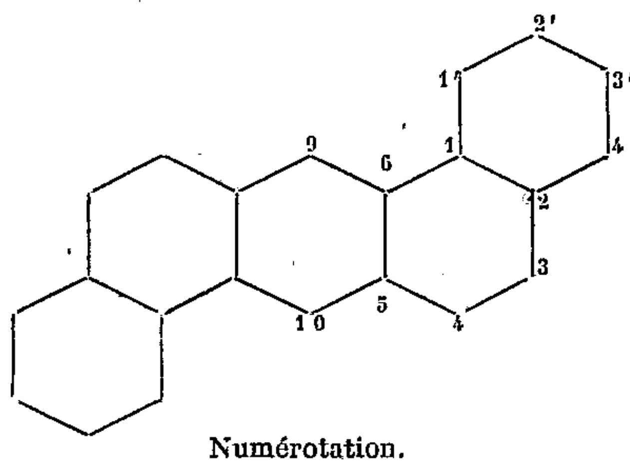
([4]) *J. of. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2705.

Comme il a été montré (⁴) on peut, en première approximation, évaluer les indices d'échange comme une fonction des ordres des liaisons adjacentes à la liaison étudiée. Puisqu'il existe une relation entre indices d'échange et distances interatomiques et une autre relation entre indice d'échange et indice de Penney [5], on peut aisément construire le tableau ci-après qui donne pour chaque type de liaison sa longueur et son indice de Penney.

Désignation des liaisons par les ordres des liaisons adjacentes.	Indices de Penney.	Distances Inter-atomiques.	Désignation des liaisons par les ordres des liaisons adjacentes.	Indices de Penney.	Distances Inter-atomiques.
(2)...........	0,827	1,362	(2, 3, 3)......	0,493	1,423
(3)...........	0,873	1,353	(2, 3, 4)......	0,508	1,420
(1, 1)........	0,437	1,438	(2, 4, 4)......	0,537	1,414
(1, 2)........	0,524	1,416	(3, 3, 3)......	0,537	1,414
(1, 3)........	0,566	1,408	(3, 3, 4)......	0,556	1,410
(2, 2)........	0,612	1,398	(3, 4, 4)......	0,578	1,405
(2, 3)........	0,652	1,388	(2, 2, 3, 3)....	0,324	1,465
(2, 4)........	0,676	1,385	(2, 2, 3, 4)....	0,346	1,460
(3, 3)........	0,692	1,380	(2, 2, 4, 4)....	0,367	1,455
(3, 4)........	0,714	1,377	(2, 3, 3, 3)....	0,367	1,455
(4, 4)........	0,735	1,373	(2, 3, 3, 4)....	0,387	1,450
(1, 2, 3)......	0,367	1,455	(2, 3, 4, 4)....	0,407	1,445
(1, 2, 4)......	0,387	1,450	(2, 4, 4, 4)....	0,428	1,440
(1, 3, 3)......	0,407	1,455	(3, 3, 3, 3)....	0,407	1,445
(1, 3, 4)......	0,428	1,440	(3, 3, 3, 4)....	0,428	1,440
(1, 4, 4)......	0,440	1,436	(3, 3, 4, 4)....	0,440	1,436
(2, 2, 2)......	0,412	1,443	(3, 4, 4, 4)....	0,469	1,430
(2, 2, 3)......	0,452	1,433	(4, 4, 4, 4)....	0,489	1,425
(2, 2, 4)......	0,472	1,428			

Ce tableau permet l'obtention des indices de Penney, donc des indices de valence libre correspondant [6] *et les distances interatomiques sans aucun calcul, à la simple vue de la formule de la molécule.*

Nous comparons dans le tableau ci-dessous les résultats de l'expérience [7] (O), ceux obtenus [7] théoriquement par la méthode de Pauling (P), ceux dérivant des orbites moléculaires [8] (C) et ceux dérivant du précédent tableau.



Numérotation.

(⁵) Daudel et Jacques, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1451.

(⁶) On montre qu'il faut prendre $F = 1,682 - N$.

(⁷) Robertson et coll., *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 1001.

(⁸) P. Daudel, R. Daudel et Vroelant, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1033.

Désignation des liaisons.	Distances O.	P.	C.	VD.
9-6	1,38	1,39	1,407	1,405
6-1	1,41	1,46	1,435	1,436
1-1′		1,41	1,405	1,414
1′-2′		1,38	1,382	1,388
2′-3′	1,41	1,41	1,397	1,398
3′-4′	1,44	1,38	1,382	1,388
1-2	1,42	1,41		1,440
2-3		1,46	1,425	1,420
4-3		1,35	1,368	1,38
4-5	1,46	1,45	1,425	1,420
5-6	1,44	1,42		1,440
5-10	1,40	1,39	1,402	1,410

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage pondéral du thorium (Étude des précipités à l'aide de la thermobalance de Chevenard).* Note de Mme **Thérèse Dupuis** et M. **Clément Duval**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons entrepris une étude critique de tous les procédés d'analyse quantitative du thorium (faisant suite à celle de l'uranium), en vue de fixer les meilleures conditions de calcination des précipités et d'examiner si certaines de ces méthodes pourraient convenir à des dosages automatiques suivant la technique déjà donnée [1].

1° Au cours du séchage ou de la calcination, il faut respecter les températures suivantes, pour peser d'une manière précise les corps correspondants :

Réactif précipitant.	Forme de pesée.	Limites (t °C).
Ammoniaque	$ThO_2 2H_2O$	260-380
Ammoniaque	ThO_2	>747
Ammoniac	ThO_2	>472
Eau oxygénée	$ThO_2 2H_2O$	296-450
Eau oxygénée	ThO_2	>650
Hexaméthylène tétramine	ThO_2	>900
Tannin	ThO_2	>475
Acide iodique	$(IO_3)_4Th$	200-300
» iodique	ThO_2	>674
» sélénieux	ThO_2	>946
Thiosulfate de sodium	ThO_2	>900
Pyrophosphate de sodium	P_2O_7Th	540-946
Acide oxalique	ThO_2	>610
» fumarique	ThO_2	>405
» sébacique	$[COO-(CH_2)_8-COO]_2Th$	70-125
» sébacique	ThO_2	>650
» *m*-Nitrobenzoïque	$[C_6H_4(NO_2)-COO]_4Th$	70-153
» *m*-Nitrobenzoïque	ThO_2	>413
» benzène sulfinique	ThO_2	>541
Cupferron	ThO_2	>408
Oxine	ThO_2	>950
Lorétine ou ferron	$(C_9H_4OSO_3NI)_2Th$	110-216
Lorétine ou ferron	ThO_2	>570
Acide picrolonique	$(C_{10}H_7N_4O_5)_4Th$	60-200

(1) Clément Duval, *Comptes rendus*, **224**, 1947, 1824; **226**, 1948, 1276 et 1727.

2° Nous avons dû laisser de côté la précipitation par l'hypophosphate de sodium, non quantitative (Koss, 1912), par l'alizarine-3 sulfonate de sodium (Beck, 1939) insuffisamment étudiée, par l'acide quinaldinique (Erämetsä, 1946), par l'acide gallique (Neish, 1904) et l'acide phénylarsinique (Rice, Fogg, James, 1926) qui peuvent, tout au plus, servir de méthodes de séparation. L'acide fluorhydrique précipite bien quantitativement le thorium, mais le dépôt obtenu ne se prête pas à une filtration rapide. Le dosage avec l'hydroxy-8 quinoléine (oxine) est à rejeter; la courbe de thermolyse est sans cesse décroissante, contrairement à celle de l'uranium; le précipité n'abandonne pas suivant un palier horizontal, la molécule d'oxine supplémentaire qu'il retient. L'iodate précipité n'a pas la formule $4(IO_3)_4Th.IO_3K.18H_2O$ (Chernikhov et Uspenkaya, 1940); c'est un iodate normal, comme l'on prouvé récemment Mœller et Fritz (1948).

3° L'hydroxyde normal $(HO)_4Th$ est mis en évidence sur plusieurs de nos courbes et nous en proposons le palier pour le dosage automatique du thorium. Si l'on fait la précipitation par la méthode de Trombe (1942), à l'aide d'un lent courant d'air entraînant du gaz ammoniac, on obtient entre les valeurs 3,0 et 6,0 du pH, un dépôt filtrable immédiatement et converti en thorine dès 472°.

4° Nous proposons aussi pour les dosages automatiques, les précipités d'iodate, de pyrophosphate, de sébacate, de *m*-nitrobenzoate, de lorétinate (ferronate) et de picrolonate. Notre préférence va tout d'abord au sébacate, ensuite à l'iodate, au cas où l'on voudrait faire des séparations, enfin à la méthode à la lorétine, réactif relativement bon marché, au cas où l'on n'aurait que des traces de thorium à doser; le picrolonate n'offre pas d'avantages sur le précédent.

5° La précipitation par l'acide benzène sulfinique et ses dérivés de substitution ne nous a pas donné les résultats espérés; les réactifs sont fragiles, assez délicats à préparer et surtout, les courbes de pyrolyse ne présentent comme sûr que le palier de la thorine; dès lors, autant utiliser l'ammoniaque ou l'eau oxygénée. Nous proposons enfin d'abandonner les méthodes au sélénite, au thiosulfite, à l'oxalate et au fumarate, après examen de leurs courbes respectives et de l'insolubilité relative des précipités, ainsi que de leur traitement ultérieur.

Les graphiques de référence et leur interprétation individuelle paraîtront dans un autre recueil.

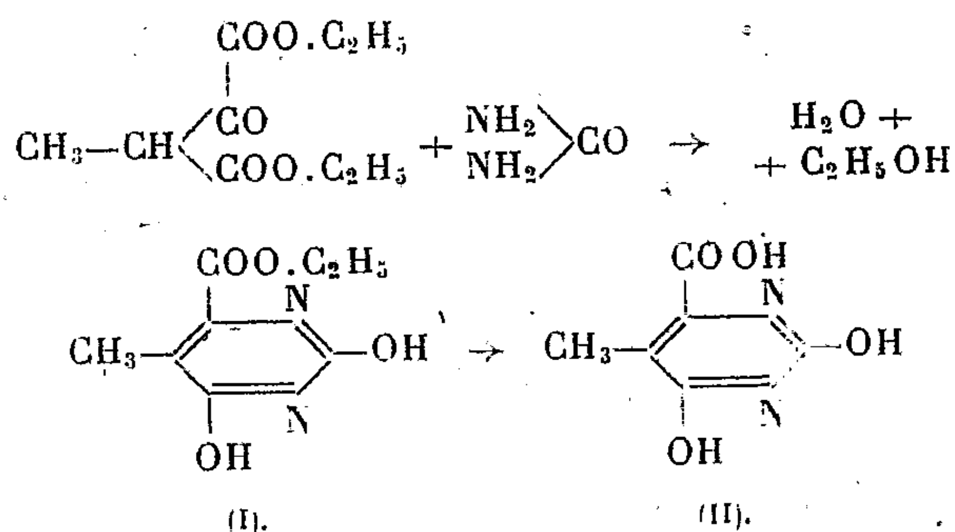
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'acide thymine-4 carbonique.* Note (*) de M. **Charles Mentzer** et Mlle **Denise Billet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Alors que l'uracile et la thymine ont fait l'objet de nombreuses recherches en tant que constituants des nucléines, les acides correspondants renfermant

(*) Séance du 24 janvier 1949.

un groupement —COOH en position 4, n'ont été que très peu étudiés jusqu'ici. L'acide orotique, ou uracile-4 carbonique, isolé du lait en 1905 ([1]), est un facteur de croissance aussi actif que l'uracile vis-à-vis du streptocoque hémolytique ([2]). Ce fait a attiré notre attention sur d'autres carboxy-pyrimidines susceptibles de présenter un intérêt microbiologique, soit comme stimulants, soit comme antimétabolites. Le premier terme de cette série, l'acide thymine-4 carbonique a été préparé par Johnson dès 1907 par condensation de la méthyl-thiourée avec l'oxalpropionate d'éthyle et hydrolyse du dérivé soufré obtenu ([3]).

Au cours de recherches personnelles, nous avons cherché à simplifier cette méthode en remplaçant la méthyl-thiourée par de l'urée, ce qui devait nous permettre d'arriver, en un seul temps, directement au produit cherché.



La combinaison s'effectue, non pas en milieu alcalin, comme l'a préconisé Johnson, mais en solution chlorhydrique, conformément à une technique déjà utilisée précédemment par Müller pour la synthèse de l'acide orotique ([4]). Le dosage d'azote effectué sur l'ester obtenu est tout à fait conforme à la structure (I). D'autre part, la saponification de cet ester, dans des conditions bien déterminées, aboutit à un acide identique par le point de fusion, le spectre et la teneur en azote, à l'acide thymine-4 carbonique de Johnson. Cet acide doit donc répondre à la formule (II). Cependant des difficultés surgissent quand on compare entre eux l'ester éthylique obtenu à chaud par action de l'alcool chlorhydrique sur (II) et l'ester formé directement par condensation de l'oxalpropionate avec l'urée [formule présumée (I)]. Ces deux corps sont en effet différents, le premier fondant à 255° et le second à 183°. Or, récemment Mitchell et Nyc (5) ont montré que la condensation de l'urée avec l'oxalacétate donne naissance, non pas à un ester orotique, mais à un composé hydantoïnique de formule (III), dont le spectre ultraviolet révèle un maximum à 300$^{m\mu}$, alors que

---

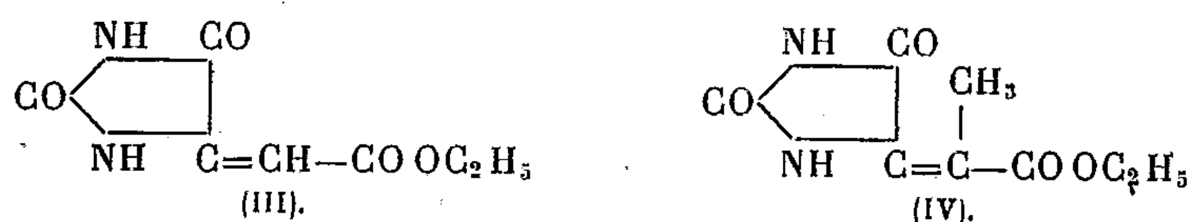
([1]) Biscaro et Belloni, *Estratto Annuario Soc. Chimica di Milano*, II, 1905, p. 1.

([2]) H. J. Rogers, *Nature*, (Londres), 153, 1944, p. 251.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 3, 1907, p. 302.

([4]) *J. Pr. Chem.*, (2), 55, 1897, p. 478.

le maximum de l'acide orotique est situé à $280^{m\mu}$

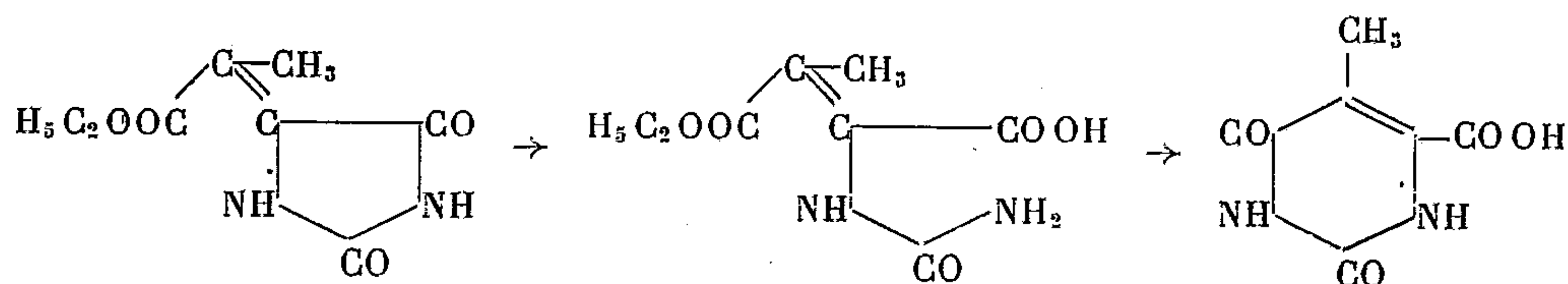


Ces faits nous ont incité à effectuer des mesures spectrales :

a. Sur le présumé ester de l'acide thymine-carbonique (F 183°).

b. Sur l'acide obtenu par saponification de ce dernier.

Le maximum de notre ester est également situé à 300 mμ et la courbe d'absorption est superposable à celle de l'ester hydantoïnique décrit par les auteurs américains ([5]). Le maximum de l'acide, par contre, est aux environs de 280 mμ, comme celui de l'acide orotique. En vertu de ces faits, nous pouvons conclure que le corps obtenu par action de l'urée en milieu chlorhydrique sur l'oxalpropionate d'éthyle possède la structure (IV) et non pas (I) comme nous l'avions d'abord pensé. La formation en milieu alcalin de l'acide thymine-carbonique (II) en partant de cet ester (IV) peut s'expliquer par la rupture d'une liaison —CO—NH, suivie d'une recombinaison entre le $—NH_2$ libéré et le groupement carboxéthyle :



Partie expérimentale : (*carbéthoxy-éthylidène-hydantoïne* $C_8H_{10}O_4N_2$). — 13^g d'oxalpropionate d'éthyle, 4^g d'urée et 5^{cm^3} d'acide acétique sont introduits dans un petit ballon et, tandis que le mélange est chauffé au bain d'huile à 90°, on y fait barboter un courant d'acide chlorhydrique sec pendant 40 minutes. Au bout de ce temps, la masse liquide se prend en un tout cristallin. Après repos d'une nuit, le contenu solide du ballon est lavé à l'eau, puis recristallisé dans l'alcool. Le rendement est de 6^g. F. 183°. Maximum d'absorption dans l'U. V. $300^{m\mu}$.

Acide méthyl-orotique ou thymine-4 carbonique $C_6H_6O_4N_2$, H_2O. — Une solution de $5^g,4$ de l'ester précédent dans 60^{cm^3} d'alcool est traitée par 3^g de potasse dissous dans 10^{cm^3} d'eau distillée. Le mélange des deux solutions donne une pâte cristalline; après addition d'eau, jusqu'à obtention d'une liqueur homogène, il faut chauffer une à deux minutes à 80°. Par concentration sous vide, jusqu'à un volume réduit, filtration et précipitation par l'acide acétique, l'acide méthyl-orotique précipite sous forme de cristaux jaune pâle. Recristallisé dans l'eau, il renferme une molécule d'eau de cristallisation et fond avec décomposition à 327°.

Analyse : N % trouvé 14,32; calculé 14,89.

([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 674.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du Sahâra Central.*
Note de M. **Maurice Lelubre**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

J'ai mis récemment en évidence au Sahara Central l'importance des accidents de style cassant — fractures et failles — qui ont, dès la fin du cycle suggarien, dirigé les déformations dues aux orogenèses postérieures. En particulier les formations pharusiennes se sont déposées dans un vaste fossé tectonique entre les axes suggariens de l'Ahaggar central et de l'Adrar des Iforas ([1]). En d'autres régions du Massif central saharien on peut faire des observations du même ordre.

A l'Ouest de l'axe suggarien de l'Adrar des Iforas on retrouve le Pharusien, bien que ses rapports avec le Suggarien n'aient pas la même netteté qu'à l'Est : la discordance est généralement mal visible par suite de l'absence de conglomérat de base, de la mylonitisation ou d'intrusions granitiques. Ce Pharusien, dans lequel on retrouve des phyllades, quartzites, calcaires et des lentilles de conglomérats, renferme en outre de nombreuses intercalations volcaniques (à l'Est de Tessalit, au Sud-Est d'Izelilène, à Ametattaï, etc.). Les laves, essentiellement basiques, sont généralement laminées dans la direction Nord-Sud et dans un plan vertical. Ces formations sont recouvertes, en même temps que le Suggarien voisin, par de vastes coulées rhyolitiques, formant les massifs d'Izelilène. Tirar'rar, etc., traversés par des faisceaux de dykes de microgranite. Étroitement liés à ces rhyolites, ou plus exactement à la fin de leur émission, des lambeaux de conglomérats discordants sur les séries précédentes existent à Tessalit, Afara, Tahort, où je les ai découverts en 1941 ([2]). Ces conglomérats, légèrement métamorphiques, ont été récemment assimilés à des formations analogues, bien que non métamorphiques, du Timetrine, sous le nom de *Nigritien* ([3]).

Tous ces lambeaux présentent une disposition semblable : ils sont basculés et faillés, allongés généralement NS à NNE-SSO. Certains, tout en gardant apparente leur stratification légèrement inclinée sur l'horizontale, sont écrasés dans un plan vertical Nord-Sud (oued Afara). On sait d'autre part qu'ils semblent postérieurs aux granites les plus récents. Ils se localisent dans une zone instable, aussi peut-on y voir des formations détritiques produits de la destruction des chaînes précédentes; mais ces affleurements sont encore trop restreints pour légitimer l'existence d'un cycle orogénique distinct.

Quoi qu'il en soit, il existe au Nord-Ouest de l'Adrar des Iforas une zone de fracture qui a indiscutablement rejoué depuis la fin du Suggarien jusqu'après la mise en place des granites les plus récents. Cette zone semble

(1) *Comptes rendus* 226, 1948, p. 419-420; *C. R. Somm. S. Géol. Fr.*, 1948, p. 256-257.
(2) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 367-369.
(3) R. Karpoff, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 428-429; 224, 1947, p. 582-584.

bien se prolonger vers le Nord au delà du golfe crétacé du Tanezrouft oriental, marquée par les massifs rhyolitiques de Nahalet, I-n-Hihaou et les pointements plus petits qui affleurent dans l'Ahnet jusque vers Adoukrouz.

A l'Est de l'Ahaggar, l'affleurement de Pharusien découvert par C. Kilian dans la région de l'oued Sersouf présente aussi un grand développement de laves interstratifiées ou intrusives; il est limité à l'Ouest par une longue faille NNO-SSE. On semble bien retrouver encore ici la disposition en fossé.

Le rejeu des zones de fracture suggariennes, constaté très généralement dans le Pharusien, se retrouve pour les orogénèses plus récentes. G. B. M. Flamand a depuis longtemps insisté sur l'orientation subméridienne des accidents hercyniens. C. Kilian a montré la disposition précise de ces vastes plis, passant à des fractures linéaires dans l'ensemble de l'enceinte tassilienne de l'Ahaggar ([4]), et j'ai pu constater des faits analogues jusque dans la couverture paléozoïque du Tibesti ([5]). L'allure rectiligne des plis hercyniens s'explique aisément par le rejeu d'accidents antécambriens qui ne sont pas seulement d'anciennes fractures, mais aussi des plis et des masses intrusives. Il est remarquable, par exemple, de constater que la falaise tassilienne a un contour très simple au-dessus du Suggarien rigide de l'Eg'éré alors qu'elle forme des festons extrêmement serrés au-dessus des phyllades et quartzites de l'Ahnet.

Enfin le volcanisme récent lui-même a utilisé souvent le rejeu d'accidents plus anciens, comme l'a démontré C. Kilian à Djanet par exemple.

En résumé, la tectonique du Sahara central est caractérisée, depuis la fin du cycle orogénique suggarien au moins, par le rôle prédominant des accidents cassants du substratum, dirigeant les déformations récentes. Ces accidents cassants se retrouvent dans toute son étendue. Aussi n'y a-t-il pas lieu de considérer une *Grande faille orientale de l'Adrar des Iforas* comme un accident singulier de la plate-forme africaine; il existe en réalité un réseau de telles fractures, dont il semble illusoire de chercher des prolongations lointaines en l'absence d'observations continues et précises.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du revers italien de l'Argentera-Mercantour.* Note de Mlle **Anne Faure-Muret** et M. **Gabriel Suter**, présentée par M. Paul Fallot.

On admet que la nappe de l'Ubaye-Embrunais ([1]) et les unités qui l'accompagnent, se prolongent en Italie du Pas de l'Enclausette au col de Tende, en

([4]) *C. R. Somm. S. Géol. Fr.*, 1936, p. 110.

([5]) *C. R. Ac. Sc. Coloniales*, 19 juillet 1946, p. 337-357.

([1]) *Feuilles géologiques italiennes au* 1/100000 de : Dronero-Argentera (1930), Demonte (1933), Boves (1934); D. Schneegans, *Mém. Carte Géol. Fr.*, Paris, 1938, p. 238-241.

contournant par le Nord et le Nord-Est le massif de l'Argentera-Mercantour. Elles reposent sur un ensemble considéré, jusqu'ici, comme formant la couverture autochtone du socle cristallin.

En fait la région est plus complexe.

Dans la vallée de la Stura, de 7^{km} au Nord-Ouest de Vinadio jusqu'à l'aval de cette localité, différentes coupes nous ont permis des observations dont la coordination fait ressortir les points suivants.

Le Trias plissé repose mécaniquement sur les gneiss, tantôt par ses cargneules, plus rarement par des débris laminés de grès werfénien. Ses dolomies, d'épaisseur variable, supportent ensuite, par l'intermédiaire de cargneules, des calcaires et des marno-calcaires qui, rendus schisteux par écrasement, sont d'âge indéterminable, vraisemblablement jurassique.

Cet ensemble, décollé par rapport aux gneiss, est redressé avec eux à la verticale. Il apparaît notamment dans le ravin de Cardiola Grande au Nord-Ouest de Vinadio.

En discordance mécanique sur lui, vient un complexe faiblement incliné vers le Nord-Est et débité en écailles que soulignent, en général, des cargneules du Trias supérieur. Les écailles inférieures comportent du Jurassique broyé, indéterminable. Dans l'unité supérieure, le Lias et le Dogger datés sont suivis, notamment dans le ravin de Cardiola Grande, par des marnes noires sans doute oxfordiennes. Elles sont surmontées, à leur tour, par un ensemble, peut-être tectoniquement indépendant, de calcaires cristallins stériles, attribués par les auteurs italiens au Crétacé (²). Ces calcaires, puissants d'au moins 200 mètres, supportent une série rapportée par les mêmes auteurs au Nummulitique. Sur le Tertiaire repose la nappe de l'Ubaye-Embrurais.

Dans cette succession les écailles inférieures semblent de faible extension. L'élément supérieur caractérisé par ses calcaires cristallins, s'étend sur un plus large front; nous le connaissons déjà sur 7^{km}, il semble se poursuivre à l'Est par le Nord de Vinadio, jusque vers Demonte.

Plus au Sud-Est, entre la Stura et le Gesso, la structure de la bordure sédimentaire se complique; son interprétation est plus difficile. Mais on retrouve sur le Cristallin une série secondaire d'extension stratigraphique indéterminée débutant par du Trias sans Werfénien, décollée par rapport au gneiss et redressée, avec lui, à la verticale. Directement sur elle, ou par l'intermédiaire d'écailles laminées, repose en discordance mécanique, une série calcaire subhorizontale ou faiblement inclinée à l'Est-Nord-Est (³), différente

Nous ne discuterons pas ici des attributions à telle ou telle unité reconnue plus au Nord, en France, bloquant en un seul ensemble tout ce qui fut décrit en repos anormal sur le Tertiaire, en Italie.

(²) S. Franchi, *Atti R. Acc. naz. Lincei*, s. 6, 3, 1926, p. 257-261; *Feuille géologique italienne au* 1/100 000 de Demonte, 1933.

(³) S. Franchi (*Atti R. Acc. naz. Lincei*, s. 6, 9, 1929, p. 35-39) interprétait cet

de celle dominant Vinadio. Elle comporte surtout, ici, des cipolins blancs contenant localement des lits verts à chlorite et épidote. A la base, nous n'avons observé ni le Lias, ni le Dogger, ni les marnes noires du ravin de Cardiola Grande.

Les cipolins forment la cime de Cialancia. Au revers Nord de cette arête, la carte italienne indique du Flysch à Helminthoïdés en repos normal sur les gneiss du Sud de Demonte. En fait le contact de ces deux formations est mécanique ; le gneiss et la série qu'il supporte sont extrêmement écrasés.

Dans la vallée du Gesso d'Entraque, la feuille italienne de Demonte indique du Crétacé transgressif sur le Trias et jusque sur le cristallin. Le contact est, ici aussi, mécanique et se fait par l'intermédiaire d'une brèche tectonique. La série comportant le Crétacé, rabotée en biseau à sa base, repose sur un ensemble presque vertical de Trias et de jurassique écrasés.

Enfin plus au Sud-Est encore, au versant Ouest du mont Garbella, des dolomies cristallines, puissantes de 200^{m}, rapportées par les auteurs au Lias, reposent en contact anormal sur les gneiss et sur un complexe triasique et jurassique décollé par rapport à eux et ramené, avec eux, à la verticale.

Ainsi, sur toute la bordure Nord et Nord-Est du Massif de l'Argentera-Mercantour, de Pontebernardo, dans la vallée de la Stura, jusqu'au Sud-Est d'Entraque, le socle cristallin a été pelé de sa couverture sédimentaire qui, décollée au niveau du Trias, a été traînée sur lui, puis redressée à la verticale, lors de la surrection du Massif. Sur cette série et jusque sur le gneiss vient un ensemble débité en écailles.

Il n'y a donc pas à proprement parler d'autochtone en dehors du gneiss. C'est sur tout un complexe d'imbrications largement décollées, et non comme on l'admettait jusqu'ici sur l'enveloppe sédimentaire normale du massif cristallin, que repose, en Italie, le front de la nappe de l'Ubaye-Embrunais et des unités qui l'accompagnent.

GÉOLOGIE. — *Sur l'allure des plis de couverture au Sud-Ouest du massif de l'Argentera-Mercantour.* Note de M. **Pierre Bordet**, présentée par M. Paul Fallot.

J'ai déjà signalé (1) que les terrains qui affleurent dans la région du dôme permien de Barrot, au Sud-Ouest du massif de l'Argentera-Mercantour, peuvent se diviser en trois ensembles superposés, tectoniquement indépendants :

---

ensemble calcaire comme un anticlinal crétacé couché vers l'Est-Nord-Est sur du Flysch nummulitique. Il s'agit, en fait, d'une écaille poussée vers l'Ouest-Sud-Ouest, sur n'importe quel terme de la série sous-jacente.

(1) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 485; 224, 1947, p. 408; P. Bordet M. et Lemoine, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1102.

1° Le socle, formé de permien et de trias inférieur, est ployé en un dôme régulier (dôme de Barrot);

2° Le Muschelkalk, décollé, est énergiquement plissé au Nord de ce dôme : il forme une vingtaine d'anticlinaux droits ou déversés présentant même des recouvrements de l'ordre du kilomètre; au Sud, au contraire, il est resté collé sur le socle;

3° La couverture jurassique et crétacée, par contre, est sensiblement tabulaire au Nord, tandis qu'au Sud elle est repliée en plis déversés.

Ces faits s'expliquent par l'existence de deux niveaux plastiques (cargneules inférieurs et Keuper) qui ont joué le rôle de *lubréfiant* dans les mouvements différentiels.

Mais la structure d'ensemble qui en résulte est très remarquable : le dôme permien a formé un butoir contre lequel s'est arrêté le mouvement en avant du Muschelkalk. Celui-ci s'est accumulé en plis serrés dans la dépression située au Nord, soulevant la couverture jusqu'au niveau de l'obstacle; mais abandonnée sans soutien au Sud de celui-ci, cette couverture s'est repliée sur elle-même en plis déversés.

Or il semble impossible d'admettre que le Muschelkalk ait été plissé seul, par refoulement sous sa couverture immobile. On peut en donner pour preuve :

1° La présence absolument constante d'une lame de Keuper entre Muschelkalk et Jurassique, qui n'aurait pu subsister si les anticlinaux étaient venus simplement s'appuyer contre la couverture pour la soulever;

2° Le fait que tous les anticlinaux sont couchés vers le Sud; les exceptions très rares sont purement locales;

3° Le fait curieux que les anticlinaux situés directement sous la couverture ont souvent un flanc normal beaucoup moins épais que leur flanc renversé; ce qui ne peut s'expliquer que par le rabotage de leur partie supérieure par la couverture;

4° La présence, au Sud du dôme permien, de plis dans la couverture qui supposent un glissement en avant de celle-ci par rapport au Muschelkalk.

On doit donc conclure que le plissement du Muschelkalk est dû à son entraînement par la couverture glissant elle-même en avant. Le déplacement de la couverture par rapport au socle est donc du même ordre de grandeur que celui du Muschelkalk. Or ce dernier, compte tenu de tous les replis visibles peut être estimé au total à une dizaine de kilomètres ou même plus. C'est donc une valeur de cet ordre qu'il faut admettre pour le glissement en avant, dans toute cette région, de l'épaisse couverture jurassique, crétacée et tertiaire (plus de 1500^{m} de puissance).

L'ampleur des phénomènes de translation horizontale que révèle la boutonnière du dôme de Barrot est assez inattendue. Ailleurs, dans d'autres conditions, des déplacements de cette importance ont donné naissance à d'authentiques nappes de charriage. Ici le phénomène s'est réduit à des *plis de*

couverture au sens d'Émile Argand, qui pour être moins spectaculaires que les nappes véritables n'en sont pas moins remarquables par le volume des matériaux déplacés.

GÉOLOGIE. — *Répartition des faciès de l'Oligocène inférieur dans le Fossé rhénan.* Note de M. **Nicolas Théobald**, présentée par M. Paul Fallot.

La découverte près d'Obernai (Bas-Rhin) d'un gisement fossilifère d'âge oligocène inférieur permet de faire quelques constatations nouvelles sur la répartition des faciès oligocènes dans cette partie du Fossé rhénan.

Ce gisement a été mis à jour lors des travaux d'établissement de la piscine municipale à la sortie Ouest d'Obernai, près de la route allant d'Obernai à Boersch, à l'extrémité Ouest du parc municipal (ancienne propriété de Hell d'Oberkirch), à 40^m de la rive droite de la rivière Ehn. Altitude du niveau du sol prise sur la carte topographique à $1/25000 = 190^m$ environ.

La coupe suivante a été relevée :

$0^m,50$ de terre arable;

$2^m,20$ de lehm brun roux à nombreux grains de limonite, s'enrichissant progressivement vers le bas en sables et en graviers vosgiens;

$1^m,20$ de sables, graviers et galets à stratification lenticulaire et à structure entrecroisée; nombreux blocs dépassant 50^{cm} de diamètre, alluvions anciennes de l'Ehn à matériel vosgien provenant du massif de l'Ehn;

$1^m,50$ de marno-calcaires en plaquettes et de marnes gris brunâtre à gris verdâtre et gris inférieur bleuâtre; nombreux *Mytilus socialis* dans les marnes gris bleu de la base = Oligocène inférieur.

L'Oligocène est essentiellement formé de marnes argileuses de teinte gris bleu à gris verdâtre contenant très peu de mica et des traces de sable. Dans la partie supérieure on observe une coloration diffuse de jaune et de brun avec quelques filets de sable. Cette région renferme, sur 50^{cm} à 1^m, des calcaires marneux à peine gréseux en plaquettes de 2 à 3^{cm} d'épaisseur et à surface irrégulière. La stratification grossière de ces plaquettes révèle un pendage de 20 degrés environ en direction Est, c'est-à-dire vers le centre du Fossé rhénan.

Les marnes gris verdâtre placées sous les marnes à plaquettes n'ont livré aucun fossile. Mais les marnes argileuses gris bleu de la base sont pétries par endroits de nombreuses coquilles à test nacré qu'avec Mlle S. Gillet nous avons identifiées à *Mytilus socialis* Braun.

Des petites concrétions calcaires de forme irrégulière existent dans toute la masse; elles sont plus abondantes dans la partie supérieure qu'à la base.

Age de la formation. — Les dépôts oligocènes présentent les caractères de la formation connue dans le Bassin de Pechelbronn sous le nom de *Zone à Mytilus* et placée à la base de la *Zone fossilifère* (couches de Pechelbronn moyennes), telle qu'elle a été décrite récemment par R. Schnaebele [1]. Cet auteur note

[1] *Mémoires du Serv. Carte géol. Als.-Lor.*, 7, 1948.

précisément la grande extension régionale et le faciès relativement constant de la zone à *Mytilus* qui la rendent utilisable pour des corrélations lointaines.

Cette découverte appelle plusieurs remarques.

1° Le faciès de ces marnes à *Mytilus* est différent de celui de l'horizon de même âge du Bassin oligocène du Haut-Rhin : la région d'Obernai appartient à une autre aire de sédimentation que le Bassin du Haut-Rhin.

2° L'existence dans la région d'Obernai de l'Oligocène inférieur sous le faciès des couches de Pechelbronn permet d'envisager la possibilité de l'existence d'horizons pétrolifères dans cette partie du Fossé rhénan.

3° J'ai déjà signalé ([2]) l'existence au cours de l'Aalénien d'une limite de faciès allant de la région d'Obernai à celle de Lahr. Il est possible qu'à l'Oligocène la limite séparant les faciès du Bassin de Pechelbronn de ceux du Bassin de la Potasse se trouve aussi dans cette région. Au Nord et au Sud d'Obernai on connaît des terrains oligocènes plus récents que celui que je viens de découvrir. La région d'Obernai semble correspondre à la zone la plus relevée et la plus favorable aux recherches éventuelles de pétrole.

4° Enfin, la découverte de ce gisement fossilifère oligocène au contact immédiat de la région fracturée des collines sous-vosgiennes est d'un grand intérêt stratigraphique. Il est probable que les conglomérats oligocènes à éléments polygéniques affleurant au Mont National, à une centaine de mètres du gisement précédemment décrit, ont la même position stratigraphique que les conglomérats côtiers de la région de Pechelbronn. On doit leur attribuer un âge postérieur à la zone fossilifère. Une partie au moins est sans doute l'équivalent latéral des couches de Pechelbronn supérieures.

Une étude d'ensemble des conglomérats côtiers de la zone sous-vosgienne devrait d'ailleurs nous fournir des renseignements du plus haut intérêt stratigraphique sur l'évolution du Bassin oligocène d'Alsace.

GÉOLOGIE. — *Le Lotharingien en Lorraine centrale.*

Note (*) de M. **Pierre-L. Maubeuge**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Mes observations dans toute la Lorraine m'ont amené à des conceptions nouvelles en ce qui concerne la stratigraphie du sommet du Lias inférieur et du Lias moyen. J'examine ici seulement le Lotharingien de Lorraine centrale.

Sinémurien supérieur : II — *Lotharingien* : 3, *Calcaire ocreux*: Calcaire gris bleu à gris, taché de limonite et de pyrite, plages d'oolithes ferrugineuses, passées de phosphates. Faune riche dont : *Oxynoticeras, Guibaliceras Guibali* d'Orb., *G. Buvignieri* d'Orb., *Ox. oxynotum* Qu. (je ne connais aucun échan-

([2]) *Mémoires Serv. Carte géol. Als.-Lor.*, 8, 1948.

(*) Séance du 24 janvier 1948.

tillon absolument certain de cette espèce), *Echioceras raricostatum* Ziet., *Deroceras armatum* d'Orb., *Asteroceras cf. obtusum* Sow. (forme type selon Gérard), *Ast. stellare* Sow., *Vermiceras, Agassiceras Scipionianum* d'Orb., *Microderoceras Birchi* Sow. (selon Gérard), *Crucilobiceras, Liogryphea obliqua* Auct.

La face supérieure du banc est taraudée et couverte de galets roulés taraudés, sporadiques. Puissance : $0^m,40$ dans le Vermois, $0^m,60$-$0^m,80$ Forêt de Champenoux. Parfois, en tête, 10^{cm} de marnes de même faune.

2. *Marnes à Promicroceras, Marnes à Hippopodium* Auct. : Marnes gris foncé, à nodules de calcaire siliceux. *Pr. planicosta* Sow., *Xipheroceras Dudressieri* d'Orb., *Xiph. Ziphus* Ziet., *Ast. obtusum* Sow. (selon les auteurs allemands), *Bifericeras bifer* Qu. (selon Gérard). *Liogryphea obliqua* Auct. Puissance environ 25 mètres.

1. *Calcaire à Prototeuthis acutus* : Banc terminal corrodé, taraudé, couvert de nodules phosphatés roulés et criblé des mêmes nodules. C'est le terme supérieur d'une alternance de bancs de calcaire gris-bleu clair à gris-clair et de marne feuilletée gris-foncé. Sur environ 3 mètres en-dessous, les bancs renferment en abondance *L. obliqua* Auct., *L. arcuata* Sow. et plusieurs formes distinctes, avec *Pr.* (*Nannobelus*) *acutus* Mill., *Pr. planicosta* Sow. est présent à ce niveau dans toute la Lorraine centrale comme en Souabe où je l'ai retrouvé à Ewattingen. Riche faune d'Ammonites dans le Xaintois, pauvre ou absente vers Gironcourt et Merrey : *Cymbites, Euagassiceras, Sulciferites*, petits *Arnioceras* (plusieurs espèces) dont *A. cf. semicostatum* Y et B., *Oxynoticeras*, grands *Arietites*. sp.

I — *Sinémurien S. S. : Calcaire à Gryphées :* Même alternance de bancs plus foncés, gris-bleuâtre, sans *L. obliqua*, rares *Pr. acutus*. Entroques à *Pentacrinus* fréquentes. En haut, quelques *Sulciferites* et rares petis *Arnioceras*; *Ag. Scipionianum* d'Orb. habiterait ce niveau. C'est l'horizon des grandes Ammonites qui existent encore dessous avant l'apparition de *Pr. acutus : Coroniceras trigonatum* Hyatt, *Ammonites Bucklandi* Sow., *A. bisulcatus* Brug.. *C. Gmuendense* Opp., *Paracor. Crossii* Wrigtht.

Conclusions. — 1° Haug a proposé le premier l'étage Lotharingien, adopté par les auteurs français. Cet étage est, en Lorraine, une division commode stratigraphiquement et cartographiquement. Toutefois, sa limite inférieure, supposée coïncider avec la base des *Marnes à Promicroceras* doit comprendre les bancs de tête du *Calcaire à Gryphées*, soit les *Calcaires à Prototeuthis acutus*. La présence de *L. obliqua, Pr. planicosta, Oxynoticeras*, etc. montre que la faune est lotharingienne et identique à celle des *Marnes à Promicroceras*. Ici, le renouvellement des faunes a précédé un nouveau cycle de sédimentation et les mouvements épirogéniques généralisés en Lorraine sont traduits par les bancs phosphatés (*cf.* les observations de A. Bonte dans les Ardennes et des auteurs allemands en Lorraine orientale) et la surface d'émersion. Des mouvements

précontemporains existent en Haute-Marne, à Merrey; en Alsace (*cf.* Schirardin); en Angleterre; en Souabe (*cf.* travail à paraître en collaboration avec N. Théobald). Les *Marnes à Promicroceras*, de la même zone paléontologique que le sommet du *Calcaire à Gryphées*, appartiennent cependant à des épiboles différentes. Malgré des contradictions apparentes, il semble que ces marnes sont assimilables aux épiboles *oxynotum, obtusum*.

2° Une nouvelle rupture d'équilibre termine le cycle ayant vu le dépôt de ces marnes. Un horizon sporadique à galets le manifeste. *Le Calcaire ocreux*, qui est une formation à concentrations quasi autochtones de fossiles, en est le résultat. Ce mince niveau groupe les éléments des épiboles diverses. *D. armatum, Ox. oxynotum* (?), *Ast. obtusum, Ast. stellare, Mic. Birchi, Ag. scipionianum*, en sont des témoins.

Une nouvelle phase épirogénique marque la fin de ce dépôt. Le banc du *Calcaire ocreux* est taraudé et couvert de galets remaniés mal datés. Ceci éclaire d'un jour nouveau la trouvaille de Klüpfel, sur l'anticlinal principal lorrain, de résidus d'érosion du *Calcaire ocreux* et de la disparition des *Marnes à Zeilleria numismalis*. On est en présence de phénomènes tectoniques généralisés en Lorraine. Dans la région étudiée par Klüpfel, les mouvements sont Carixiens. En Lorraine centrale on sait seulement qu'ils sont situés entre la fin du Lotharingien et le milieu du Carixien. Une lacune importante y existe en effet entre le *Calcaire ocreux* et le *Calcaire à Davœi*, portant sur les zones à *Taylori-Pettos; Jamesoni-polymorphus-natrix; ibex-Valdani-Maugenesti*. Entre Metz et Thionville en particulier, des lambeaux isolés de ces zones sont connus.

3° Ces détails se rapportant au Carixien seront traités dans un second travail. Les résultats des travaux parus jusqu'ici concernant le Lotharingien et le Carixien y seront examinés; car il est nécessaire d'éclairer la question des données en contradiction avec les présentes conclusions ([1]).

GÉOLOGIE. — *Sur l'inversion temporaire de l'évolution des côtes basses en cours de sédimentation. Observations sur le littoral vendéen*. Note de M. **André Rivière**, présentée par M. Paul Fallot.

La comparaison des cartes terrestres ou marines établies à différentes époques montre que dans la région de l'Aiguillon, le continent est en voie d'extension aux dépens du domaine maritime depuis des siècles. Le phénomène subit parfois des interruptions momentanées et la période qui s'étend des environs de 1940 jusqu'au printemps 1947 a été marquée par un recul sensible de la côte avec

([1]) *Voir* notamment : W. Klüpfel, *Jahrb. Pr. Geol. Landes*, B. 39, H. 2, 1921 ; Gérard et Gardet, *B. S. G. F.*, 8, 1938; Gérard et Tétry, *B. S. Sc. Nancy*, N. 10, 1938; Gérard, *B. S. G. F.*, 1, 1931.

attaque du cordon dunaire protégeant l'arrière-pays. Au printemps 1947, la marche des phénomènes s'est renversée et dès le mois de juillet de cette même année, les plages étaient visiblement en voie d'engraissement rapide et la mer commençait à reculer.

L'étude suivie du littoral au cours des vacances 1946-1947 m'a permis de constater une instabilité relative des profils transversaux autour de positions moyennes. Par le jeu bien connu des courants de fond compensateurs, les vents de terre produisent le remblayage des plages, tandis que les tempêtes soufflant du large entraînent une recrudescence des phénomènes d'ablation littorale, marquée par l'apparition de petites falaises d'érosion (ou la formation d'indentations semi-elliptiques connues sous le nom de « cups »). Toutefois, alors qu'en 1946, les phénomènes de creusement provoquaient fréquemment l'affouillement et le recul du cordon dunaire, en 1947, celui-ci n'était qu'exceptionnellement touché et seules les grèves subissaient une érosion momentanée, bientôt compensée et au delà, lorsque soufflaient les vents de terre. Tout au long de la côte, de la Grière à la pointe d'Arçay, de multiples observations m'ont permis de constater que le renversement de l'évolution littorale s'est produit à la suite d'un remblayage accentué des fonds littoraux ou, en d'autres termes, à la suite d'une diminution marquée des pentes des profils transversaux. Cette constatation donne la clef de l'évolution sédimentaire de la région. En effet, les violentes tempêtes accompagnées de raz-de-marée de la période 1938-1941 produisirent (en raison de l'existence des courants de fond compensateurs dirigés vers le large), non seulement une érosion accentuée des plages, mais, chose beaucoup plus grave, *un affouillement marqué de l'estran et des fonds adjacents*. Devenus très abrupts, les profils littoraux présentaient des pentes supérieures à celles des profils d'équilibre correspondant aux conditions océanographiques moyennes. Comme les actions littorales tendent toujours à ramener les formes du rivage à ces profils d'équilibre, il en est résulté, plusieurs années durant, un recul persistant de la côte. Ce recul a duré jusqu'au moment où les profils d'équilibre moyens se sont trouvés rétablis, à la suite du recul lui-même, mais surtout en raison du remblayage des fonds par transfert littoral (phénomène bien connu sur cette côte).

Par la suite, ces apports auraient eu tendance à entraîner un remblayage des fonds au-dessus des profils d'équilibre. A partir de ce moment, l'effet des actions littorales tendant à rétablir ces profils n'a pu se traduire que par une avancée du rivage aux dépens du domaine océanique (suivant d'ailleurs des mécanismes variés).

Il est clair que l'évolution d'ensemble de ces phénomènes d'un caractère très extensif a été tout à fait indépendante des perturbations locales résultant de l'existence de la lagune de la Faute (la Casse). D'ailleurs le remblaiement de la plage de la Faute, souligné par l'ensablement des *bouchots*, déjà très marqué au mois de juillet 1947, progressait rapidement longtemps avant que

le barrage entrepris en travers de la Casse ait pu avoir une action quelconque sur les courants (les chenaux n'étaient pas encore obstrués à la fin de l'été 1947).

Il résulte de ces faits que toute côte basse, non protégée des vents du large, se trouve exposée, fut-elle une *côte d'émergence*, à des reculs durables (parfois plusieurs années) lorsqu'une série de tempêtes exceptionnelles ont provoqué, en un temps parfois très court, une érosion marquée des fonds littoraux. Le remblayage des fonds à leur cote primitive (ou, plus exactement, la reconstitution des profils d'équilibre) marquera l'arrêt du recul et la reprise de l'évolution normale du littoral.

D'un point de vue pratique, le contrôle suivi des profils ou même simplement celui de l'état d'érosion ou de remblayage des fonds permettront généralement de prévoir, pour une assez longue période, le sens de l'évolution littorale.

GÉOPHYSIQUE. — *Variations de la couleur du ciel nocturne de mars 1947 à mai 1948*. Note de MM. **Raymond Grandmontagne** et **Charles Delestrade**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'enregistreur photoélectrique ([1]) installé à l'Observatoire de Haute-Provence a permis une étude suivie des variations de couleur du ciel nocturne au zénith depuis un peu plus d'un an. Actuellement, la lumière est reçue par une cellule au rubidium et filtrée par les verres suivants : BG4, OG2, RG1, RG5 Wattren 88 ([2]), donnant une fraction bleue du spectre et diverses fractions rouges et infrarouge proche.

Les résultats sont exprimés par le rapport de la déviation du photomètre enregistrée pour un filtre à celle qu'il donne pour le filtre OG2. Ces rapports suffisent à caractériser les variations de la couleur. La période de rotation des filtres est d'environ 45 minutes, de sorte que les nombres employés pour chaque nuit sont les moyennes des déviations du photomètre pour chaque filtre au cours de la nuit. Les rapports sont faits sur les moyennes. Les nuits d'observation ont toujours débuté par ciel pur; mais il a pu arriver que le ciel se couvre plus ou moins pendant la marche automatique de l'enregistrement. Les nuages visibles ont été notés avec le plus grand soin par un observateur; et, seule la partie des enregistrements relative à un ciel clair a été employée; on a même éliminé les observations qui paraissent trop près de la période nuageuse et qui se signalent sur la courbe de variation diurne par certains caractères. Dans le tableau ci-après, on a cependant fait mention de l'état le plus nuageux observé dans la nuit; car il se peut que malgré les précautions prises, un état prénuageux altère la couleur.

On ne manquera pas de remarquer les variations du rapport BG4/OG2 qui représente le rapport du bleu global au rouge global et qui passe par un

([1]) R. Grandmontagne, *Thèses*, Paris, 1941, p. 8 à 18.
([2]) R. Grandmontagne, *Thèses*, Paris, 1941, p. 19.

large maximum centré sur juin 1947. Faut-il attribuer à la diffusion de la lumière solaire un tel résultat ? La dépression du Soleil en dessous de l'horizon est, en effet, minimum en cette saison et, quoiqu'elle dépasse les 18° classiques et que les variations diurnes de ces nuits n'offrent pas de caractéristiques franchement crépusculaires, on serait amené ainsi à admettre un effet crépusculaire prolongé. Cette explication serait d'accord avec une observation antérieure ([3]) d'un maximum dans la valeur absolue de la lumière rouge faite à Lyon en 1937.

D'autre part, le ciel paraît aussi capricieux pour sa couleur que pour sa brillance; et lorsque plusieurs observations ont pu être assez rapprochées, on trouve rarement des rapports égaux (18 et 20 juillet 1947); mais, plus souvent, des variations sérieuses (10 au 17 septembre 1947). Enfin, si l'on regarde les régions extrêmes, c'est-à-dire les rapports BG4/OG2 et W88/OG2, on trouve une tendance très nette à des variations brusques de sens contraires. Exemples : 18 et 19 août; 14-15 et 17 septembre. Cet effet résulte d'une augmentation de la valeur absolue du rouge total sans variation appréciable du bleu en août; mais, au contraire, s'accompagne des variations opposées des deux domaines en septembre.

	Rapports				
Date.	BG_4/OG_2.	RGI/OG_2.	RG_5/OG_2.	W_{88}/OG_2.	Plus mauvais état du ciel dans la nuit.
19 mars 1947.....	0,770	0,820	0,640	0,473	Clair
20 » »	0,920	0,840	0,615	0,457	Très clair
25 » »	1,125	0,838	0,606	0,450	»
11 avril »	0,980	0,795	0,605	0,442	Clair
12 » »	0,930	0,807	0,615	0,456	»
13 » »	1,120	0,820	0,590	0,440	Brouillard
20 » »	0,880	0,820	0,620	0,460	Demi-couvert
18 mai »	1,210	0,840	0,666	0,470	Très clair
16 juin »	1,300	0,780	0,620	0,460	Clair
19 » »	1,270	0,843	0,610	0,451	»
18 juill. »	1,160	0,836	0,640	0,454	»
20 » »	1,162	0,838	0,628	0,443	Très clair
18 août »	1,060	0,808	0,572	0,374	Clair
19 » »	0,965	0,810	0,602	0,436	»
10 sept. »	0,925	0,830	0,640	0,454	»
11 » »	1,040	0,820	0,633	0,430	»
13 » »	1,020	0,850	0,645	0,425	»
14 » »	0,935	0,800	0,617	0,405	»
15 » »	1,240	0,825	0,610	0,380	»
17 » »	1,090	0,840	0,630	0,415	»
13 oct. »	1,100	0,813	0,635	0,410	»
15 nov. »	0,950	0,805	0,618	0,387	»
21 » »	0,815	0,830	0,640	0,415	»
11 déc. »	1,013	0,857	0,630	0,444	Couvert
12 » »	0,740	0,840	0,690	0,445	Clair
13 » »	0,900	0,930	0,743	0,480	»
13 janv. 1948.....	0,857	0,831	0,662	0,415	Quelques cirrus
11 févr. »	1,040	0,830	0,580	0,398	Clair
4 mars »	0,920	0,840	0,642	0,455	»
5 » »	0,840	0,840	0,647	0,402	»
10 avril »	1,195	0,875	0,670	0,394	»
11 mai »	0,900	0,825	0,592	0,346	Légère brume

([3]) R. GRANDMONTAGNE, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 322.

OCÉANOGRAPHIE. — *Déterminations physicochimiques sur l'eau méditerranéenne dans la région de Monaco.* Note de M. **Robert Darmois** et Mme **Jacqueline Darmois**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons montré précédemment ([1]) et ([2]) que l'on peut adopter comme coefficient de pureté d'une eau de mer le quotient η_{sp}/S de la viscosité spécifique par la salinité.

Nous avons déterminé ce coefficient pour une eau de mer synthétique, préparée au laboratoire, contenant les mêmes sels qu'une eau méditerranéenne de salinité 38 et exempte de matières organiques. Les poids des sels contenus dans les solutions de départ ont été calculés après déterminations densimétriques. Nous avons obtenu pour cette eau synthétique $\eta_{sp}/S = 2{,}012.10^{-3}$ à 20°. Ce coefficient de pureté est inférieur à celui obtenu pour l'eau naturelle, soit $\eta_{sp}/S = 2{,}117.10^{-3}$ à 20° ([1]) et ([2]). Ceci prouve la présence en solution de traces non négligeables de matières organiques à longues chaînes et confirme ce que nous avions trouvé par le calcul.

Pour étudier l'influence des corps dissous autres que les sels sur la tension superficielle d'une eau de mer, nous avons déterminé cette quantité sur 39 échantillons que nous avons prélevés à différentes profondeurs à bord de l'*Eider*, du Musée Océanographique de Monaco. Nous avons effectué notamment un prélèvement d'eau superficielle (P = 0 dans le tableau) grâce à un appareil spécialement réalisé pour *sucer* la pellicule superficielle. L'échelle du tensiomètre étant vérifiée à l'aide de poids, nous avons calculé la tension superficielle exacte γ en utilisant le facteur correctif F de Harkins et Jordan ([3]). Avec $R/r = 42$ (R rayon de l'anneau et r rayon du fil), on trouve $F = 0{,}998$ pour l'eau de mer. Dans le tableau, P est la profondeur en mètres, t la température de l'eau de mer *in situ*, S la salinité mesurée par la méthode de Knudsen, T la température à laquelle la tension superficielle γ_T de chaque échantillon a été mesurée; γ'_T est la tension superficielle de l'eau pure à la même température T et $\Delta\gamma$ est la différence $\gamma_T - \gamma'_T$.

$\Delta\gamma$ varie avec les échantillons; pour l'eau synthétique on a obtenu $\Delta\gamma = 1{,}07$. $\Delta\gamma$ étant indépendant de la température entre 10 et 40° pour les solutions salines, et les écarts entre les $\Delta\gamma$ de l'eau de mer naturelle avec la valeur 1,07 correspondant à l'eau synthétique étant trop grands pour être imputables aux écarts de salinité qui sont de l'ordre de 2 % et correspondent à une variation de γ inférieure à 0,05 C. G. S., on peut penser que les échantillons prélevés renferment des substances autres que des sels qui agissent assez fortement sur la tension superficielle.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1167.
([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 740.
([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, **2**, 1930, p. 1764.

Date. Position. P. t. S. T. γ_T. γ'_T. $\Delta\gamma$.

TABLEAU.

Date.	Position.	P.	t.	S.	T.	γ_T.	γ'_T.	$\Delta\gamma$.
		200	13,3	38,25	16,8	75,5	73,2	2,3
	43°39',2 N	400	13,2	38,30	16,9	75,6	73,2	2,4
30 mars 1948...	7 32,4 E	600	13,0	38,35	16,7	75,4	73,2	2,2
		800	12,9	38,28	16,7	75,3	73,2	2,2
		2	12,9	37,62	16,1	75,5	73,3	2,2
	43 45,3 N	2	14,0	37,54	15,8	74,9	73,3	1,6
	7 29,3 E	10	14,1	37,63	14,7	75,5	73,5	2,0
	43 44,7 N	50	13,7	37,81	15,1	74,4	73,5	0,9
31 mars 1948...	7 29,8 E	2	14,1	37,70	15,0	74,3	73,5	0,8
	43 45,5 N	50	13,7	37,74	14,8	74,3	73,5	0,8
	7 32,1 E	2	13,8	37,70	15,0	74,4	73,5	0,9
	43 44,1 N	50	13,9	37,77	15,0	74,8	73,5	1,3
	7 28,9 E	2	14,1	37,68	15,0	74,6	73,5	1,1
	43 40,0 N	50	13,8	37,69	14,9	74,9	73,5	1,4
	7 20,5 E	2	13,9	37,66	14,8	74,7	73,5	1,2
	43 40,7 N	50	13,9	37,59	14,8	75,1	73,5	1,6
	7 21,2 E	2	13,9	37,63	14,9	74,8	73,5	1,3
1er avril 1948..	43 41,8 N	50	13,9	37,69	14,7	75,1	73,5	1,6
	7 23,0 E	2	13,9	37,76	14,6	75,3	73,6	1,7
	43 42,8 N	50	13,9	37,69	14,4	74,8	73,6	1,2
	7 25,0 E	2	13,9	37,70	15,2	75,6	73,5	2,1
	43 43,2 N	50	13,9	37,79	15,0	75,3	73,5	1,8
	7 26,2 E	2	13,9	37,59	15,3	75,4	73,4	2,0
	43 43,5 N	50	13,9	37,88	18,4	74,8	73,0	1,8
	7 27,0 E	25	13,9	37,88	17,2	74,3	73,2	1,1
		2	13,9	37,70	17,5	74,5	73,3	1,2
	43 43,8 N	50	13,9	37,84	17,4	75,1	73,3	1,8
2 avril 1948...	7 27,7 E	25	14,0	37,82	17,4	75,1	73,3	1,8
		2	13,9	37,69	17,5	75,0	73,3	1,7
		30	13,9	37,80	18,7	75,0	72,9	2,1
	43 43,9 N	20	14,0	37,77	18,7	74,9	72,9	2,0
	7 28,5 E	10	14,0	37,75	18,7	74,9	72,9	2,0
		2	14,0	37,70	18,7	74,8	72,9	1,9
		600	13,2	38,34	16,0	75,4	73,3	2,1
	43 39,2 N	400	13,2	38,29	15,0	75,5	73,5	2,0
	7 32,4 E	300	13,3	38,25	14,8	75,1	73,5	1,6
3 avril 1948...		550	13,3	38,34	14,9	75,4	73,5	1,9
		450	13,2	38,30	14,8	75,7	73,5	2,2
	43 44,1 N 7 25,5 E	0	14,0	37,61	15,0	74,6	73,5	1,1

En admettant que l'eau de mer renferme des corps organiques en très faible quantité, les uns élevant sa tension, les autres l'abaissant, on voit que la proportion des premiers est beaucoup plus importante que celle des seconds.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'existence d'une cloison médiane chez certaines formes enroulées de* Lagenidæ. Note (*) de M. **Pierre Muraour**, présentée par M. Paul Fallot.

Au cours de l'étude du plasmostracum d'*Astacolus cassis* (Fichtel et Moll) provenant des marnes plaisanciennes d'Alger, nous avons été frappé par la présence à l'intérieur du test d'une cloison calcaire qui, partant du plancher des loges (côté ombilical), divise celles-ci longitudinalement en deux parties, sans atteindre toutefois leur sommet. Cette *cloison médiane*, dont l'épaisseur est sensiblement égale à celle de la carène à sa base (80 microns) est plus ou moins gondolée suivant les spécimens; son bord libre, oblique par rapport aux

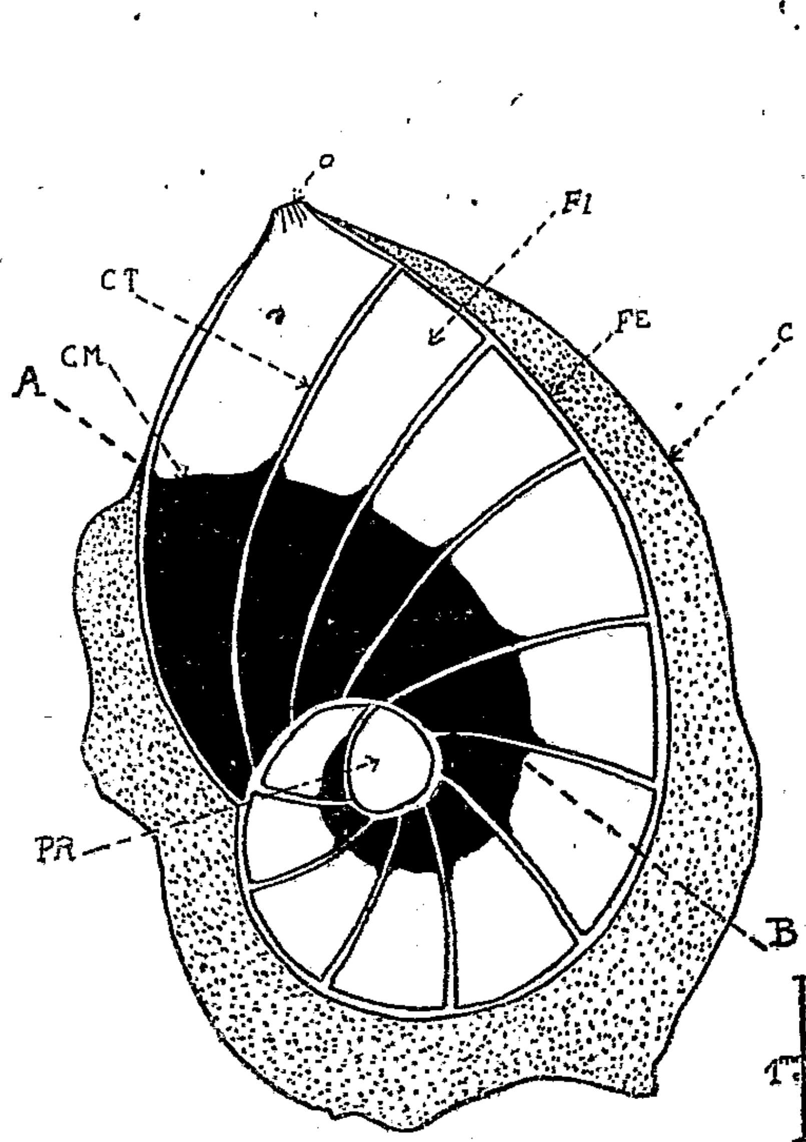


Fig. 1.

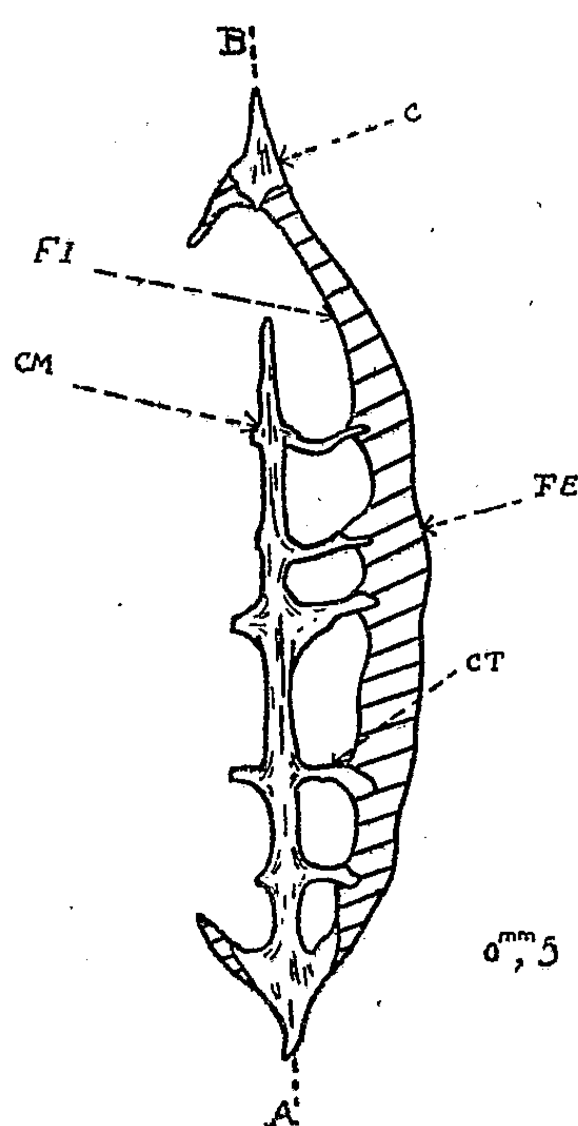


Fig 2.

Fig. 1. — Coupe équatoriale d'*Astacolus cassis*.
Fig. 2. — Coupe transversale d'un autre spécimen d'*Astacolus cassis* (faite suivant la ligne AB de la figure 1).
CM, cloison médiane; CT, cloison transversale; FI, face interne de la coque; FE, face externe de la coque; C, carène; O, ouverture; PR, proloculum (= loge initiale).

cloisons transversales, se rebrousse au contact de celles-ci. Si l'on compare cette cloison médiane aux autres éléments du plasmostracum, on voit qu'elle est translucide tout comme la carène et les cloisons transversales, alors que les

(*) Séance du 24 janvier 1949.

parois principales se montrent compactes et nacrées. Au point de vue de sa genèse, il est intéressant de signaler que chez certaines espèces bien carénées cette cloison médiane continue en quelque sorte la spire amorcée par la carène. Mieux encore, on peut remarquer, au point de rencontre de la dernière cloison transversale et de la carène, un retroussement de celle-ci tout à fait semblable à ceux que réalise la cloison médiane à la rencontre des cloisons transversales. Des faits analogues s'observent chez les *Lenticulines* carénées (*Lenticulina cultrata* Monfort), les formes non carénées de ce genre étant toujours dépourvues d'une telle cloison.

Pour expliquer la présence de cet élément non encore homologué, nous croyons pouvoir proposer l'hypothèse suivante : comme Chapman, Hawchin et Parr l'ont déjà signalé et contrairement aux idées émises par Cushman, nous pensons que les Lagenidæ ont évolué depuis des formes droites vers des formes enroulées. A l'origine, *Astacolus cassis* et *Lenticulina cultrata* devaient donc être des foraminifères unisériés, rectilignes, pourvus d'une carène. Il est dès lors aisé de concevoir qu'un enroulement plani-spiral ait pu faire pénétrer cette carène à l'intérieur du test, formant ainsi la cloison médiane.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la spécificité des préparations de saccharase.* Note de M. **Henri Belval**, Mlles **Gilberte Legrand** et **Colette Lewis**, présentée par M. Raoul Combes.

On utilise sous le nom de saccharase, sucrase, invertine ou invertase, des préparations extrêmement diverses : la *poudre d'invertine*, préconisée par Bourquelot, qui n'est autre que de la levure tuée par l'alcool ; des *autolysats septiques*, obtenus selon la technique de Colin en abandonnant à la putréfaction la levure délayée dans l'eau ; des *autolysats aseptiques* effectués en présence d'un antiseptique, toluène ou chloroforme ; des préparations commerciales, telles que l'invertase concentrée (*invertase concentrate*) d'origine anglaise, ou le *trilévol* d'origine belge ; ajoutons la *saccharase de Sumner et O'Kane*, la dernière en date, que les auteurs considèrent comme l'enzyme chimiquement pur (¹).

Toutes ces poudres ou liqueurs diastasiques libèrent, ce qui est le propre de la saccharase, le fructofuranose du saccharose ainsi que des osides qui, comme le gentianose et le raffinose certainement, le stachyose et le verbascose probablement, sont constitués par une molécule de saccharose soudée à un ou plusieurs hexoses. Mais leur champ d'action est bien plus vaste, dans le seul domaine des glucides, et d'ailleurs plus ou moins étendu selon le mode de préparation.

Les moins spécifiques sont les autolysats aseptiques : aucune fructosane ne leur résiste, l'inuline elle-même et l'irisine qui passent pour les plus réfractaires

(¹) *Enzymologia*, 12, 1948, p. 251.

sont intégralement saccharifiées; fait plus curieux encore, la laminarine qui n'est constituée que par des molécules du glucose subit elle aussi l'hydrolyse totale. L'invertase concentrée, le trilévol se comportent de façon identique.

Les poudres et les macérés de Bourquelot, les autolysats septiques de Colin, se montrent bien moins actifs sur les fructosanes, l'alcool ou la putréfaction ayant sans doute détruit ou altéré quelques-unes des protéines constitutives des enzymes; en tout cas, la triticine, l'inuline, l'irisine demeurent intactes quelle que soit la durée de l'expérience; d'autres fructosanes, par contre, graminine et phléine, sont intégralement hydrolysées et, à plus forte raison, les glucofructosanes dont la synanthrine est le type. La saccharase de Sumner et O'Kane elle-même n'est pas sans action sur ces glucofructosanes; du moins, nous a-t-il été impossible, en suivant rigoureusement la technique des auteurs, d'obtenir une préparation qui s'en prenne exclusivement au saccharose et aux osides à fructofuranose. Si l'on ajoute que les autolysats aseptiques de levure de brasserie hydrolysent les glucosides et les galactosides α, on conviendra que les solutions de saccharase utilisées dans la recherche et le dosage du saccharose sont délicates à manier et peuvent conduire à de grosses erreurs. C'est précisément ce qui est à craindre dans les analyses de tissus végétaux où existent, à côté du saccharose, des quantités parfois importantes d'osanes lévogyres (Composées, Campanulacées, Borraginées, et surtout Monocotylédones).

Il fallait donc trouver le moyen de préparer de la saccharase *spécifiquement pure*. On y parvient en dialysant pendant plusieurs jours, contre de l'eau courante, des autolysats de levure septiques ou antiseptiques, fraîchement préparés ou âgés de plusieurs années; nous en avons traité qui avaient plus de dix ans d'âge; au sortir du sac de dialyse, la liqueur, quelle qu'ait été sa coloration primitive, est incolore et limpide, le pigment se fixant énergiquement sur le sac avec la gomme, tandis que le dialysat se colore à peine; elle est, en outre, inodore. Compte tenu de la dilution, la liqueur dialysée conserve sur le saccharose la même activité, mais, et c'est là un point de la plus haute importance, *elle n'est désormais active que sur le saccharose et les osides à fructofuranose*. Même les glucofructosanes les plus facilement hydrolysables, comme la synanthrine, demeurent en dehors de son champ d'action, pourvu que l'on opère à pH 6. Cela est capital, car à pH 4 ou 5 on observe sur les glucofructosanes un début d'hydrolyse; ainsi, à pH 5, la rotation d'une solution de synanthrine à 2,7 % passe de $-0°36$ à $-1°34$ en 25 jours et se maintient à ce chiffre; à pH 8 l'action de la saccharase, dialysée ou non, est nulle, même sur le saccharose.

Voici, à titre d'exemple, les rotations polarimétriques observées au cours d'une expérience effectuée comparativement sur saccharose (S) et synanthrine (GF), avec un même autolysat de levure, avant et après dialyse; conditions : pH 6; $t°$ 16°.

	Avant dialyse		Après dialyse	
Temps.	S : 3,3 %	GF : 4 %	S : 3,3 %	GF : 3,2 %
0............	+4,40	−1,54	+4,40	−1,22
90 minutes...	−0,60	-	+0,92	-
24 heures....	−1,50	−1,60	−1,50	−1,24
7 jours.......	−1,50	−2,16	−1,50	−1,22
40 jours......	-	−5,00	-	−1,20

Il devient dès lors évident que les actions diastasiques attribuées jusqu'à présent à la saccharase doivent être revisées avec soin. Ce n'est sûrement pas elle qui entre en jeu dans l'hydrolyse des fructosanes, encore moins dans celle de la laminarine. Si la saccharase est une fructosidase, voire une fructosidase β, comme on l'admet assez généralement, il reste à savoir ce qui la distingue des enzymes spécifiques des fructosanes. C'est sur ce point précis que nous poursuivons nos recherches.

SYSTÉMATIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la signification systématique de quelques expériences de croisement entre des Graminées appartenant à des genres éloignés dans la classification :* Elymus, Festuca, Lolium, Dactylis. Note de M. **Antoine de Cugnac**, présentée par M. René Souèges.

Des essais méthodiques de croisement portant sur des espèces diverses, parfois placées assez loin les unes des autres dans la classification, peuvent faire apparaître entre celles-ci des affinités que leur position systématique ne laissait pas prévoir.

C'est ainsi que les genres *Festuca* et *Lolium*, classés habituellement dans deux tribus différentes : Festucées et Hordéées, se montrent en réalité très proches, comme j'ai pu l'établir, en raison de la fréquence de leurs croisements, de l'identité de leur réserve glucidique (phléoholoside) ainsi que de la morphologie de leur ovaire [1]. Mais dans d'autres cas, les essais de croisement peuvent n'aboutir qu'à une fructification abortive, indiquant une affinité plus lointaine. C'est ce que j'ai obtenu, dans des séries d'expériences répétées, entre diverses espèces appartenant aux genres *Elymus* (Hordéées), d'une part, *Festuca, Lolium, Dactylis* (Festucées), d'autre part.

Mes premières expériences ont porté sur *Elymus canadensis* var. *glaucifolius* [2], que j'ai pollinisé par *Festuca pratensis* (la castration ayant été effectuée au stade des anthères encores vertes, ce qui excluait toute possibilité d'autofécondation), avec un résultat de 12 fécondations sur 25 fleurs opérées. Le même essai répété deux ans plus tard a fourni 75 fécondations sur 90 fleurs.

---

(1) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 88, 1941, p. 402; 91, 1944, p. 16; 92, 1945, p. 216.

(2) Désigné dans mes publications d'alors sous le nom d'*E. riparius* Wieg., auquel doit être préféré celui qui est indiqué ci-dessus.

D'autres épis du même *Elymus* ont été aussi fécondés par le pollen de *Dactylis glomerata :* 65 fécondations sur 70 fleurs [3]. Ces fécondations n'ont été suivies dans ces divers cas que d'un développement incomplet des caryopses, qui atteignent à peu près la longueur normale, puis se dessèchent au cours de la maturation (incompatibilité de l'embryon et de l'albumen ?), et à la récolte se montrent aplatis et incapables de germer.

J'ai repris cette année de nouveaux essais avec d'autres espèces, faisant ressortir les mêmes affinités entre *Elymus* et *Festuca*, ainsi qu'avec *Lolium*, ce qui confirme encore la proximité des deux derniers genres.

	Fécondations.	Fleurs pollinisées.
1. *Elymus canadensis* var. *glaucifolius* × *Festuca arundinacea* ...	45	85
2. » » *glaucifolius* × *Lolium italicum*	23	60
3. » *virginicus* [4] × *Festuca arundinacea*	27	55
4. » » × *Lolium italicum*	19	35

Ces résultats, combinés aux précédents, donnent un total de 201 fécondations sur 350 fleurs pollinisées, pour l'ensemble des croisements d'*Elymus* avec *Festuca* ou *Lolium*. Voici, au surplus, quelques indications de détail se rapportant à la combinaison 1 : l'un des épis, comprenant 30 fleurs, a été castré et pollinisé avant toute floraison de l'espèce utilisée comme mère (qui n'a commencé à fleurir que le surlendemain), fournissant 17 fécondations; les trois autres épis, de 15, 20 et 20 fleurs, opérés 15 jours plus tard, ont donné respectivement 12, 10 et 6 fécondations. Tous ces résultats sont donc concordants et ne sauraient être attribués à des accidents fortuits; il ne s'agit pas non plus de parthénocarpie provoquée par un pollen étranger quelconque, car celui de *Bromus arvensis*, par exemple, ne détermine aucune fécondation.

On ne peut manquer dès lors de conclure, en dépit des différences morphologiques, à l'existence d'une affinité entre les genres *Elymus*, *Festuca* et *Lolium*, qui se traduit par la régularité des fécondations obtenues dans ces divers essais. Il ne semble pas cependant qu'on ait observé jusqu'ici dans la nature aucun hybride entre ces deux groupes, ce qui s'explique sans doute par l'avortement habituel des grains issus de ces fécondations. Toutefois, j'ai obtenu cette année quelques caryopses viables dans les croisements 1, 2 et 4, ce qui permet d'espérer (les précautions d'isolement rigoureux observées dans mes expériences rendant l'autofécondation peu vraisemblable) que leur développement fera connaître les caractères de ces hybrides intergénériques nouveaux.

De toute façon, les résultats de ces expériences paraissent devoir entraîner des rapprochements inattendus entre des genres jusque-là considérés comme fort éloignés et placés dans des tribus distinctes.

---

(3) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 86, 1939, p. 26.

(4) Forme typique, issue d'un échantillon dû à Mrs. Agnes Chase, de Washington.

MYCOLOGIE. — *Action de l'hyaluronidase sur la capsule de* Torula histolytica. Note de MM. **Edouard Drouhet** et **Gabriel Segretain**, présentée par M. Joseph Magrou.

Torula histolytica (Stoddard et Cutler) = *Torulopsis neoformans* (Sanfelice), levure encapsulée, provoque chez l'homme une méningo-encéphalite mortelle et est expérimentalement pathogène pour le Cobaye et la Souris ([1]) et ([2]). La réaction cellulaire autour des lésions est souvent nulle et la réponse sérologique absente ([3]). Le matériel capsulaire polysaccharidique est, en effet, sérologiquement inactif ([4]), et l'on constate *in vivo* une augmentation considérable de la capsule.

Nous avons pensé que la capsule de *Torula histolytica* pourrait être formée par un constituant normal de l'organisme animal, l'acide hyaluronique, que Kendall, Heidelberger et Dawson ([5]) ont trouvé dans la capsule des streptocoques hémolytiques. La capsule des streptocoques a pu être attaquée *in vitro* et *in vivo* ([6]) par l'hyaluronidase, enzyme qui dépolymérise et hydrolyse l'acide hyaluronique.

L'hyaluronidase peut en effet provoquer, *in vitro*, en cinq minutes, la diminution et même la disparition de la capsule de *Torula histolytica*, le gonflement de la membrane à double contour de la cellule et une agglutination des éléments. Nous avons utilisé une souche muqueuse de *Torula*, pourvue de grosses capsules en culture sur gélose Sabouraud. Cette souche a été obtenue par mutation spontanée d'une culture *smooth*, peu encapsulée *in vitro*, isolée d'un cas de méningite ([7]). Son pouvoir pathogène est plus accentué que celui de la souche originelle.

L'hyaluronidase manifeste son action optima à la température de 33° et aux pH 4,50-4,62 en tampon acétate (0,10 N + 0,15 N de NaCl). Le phénomène ne se produit qu'en présence d'au moins 150 V. R. U./cm³ ([8]) de l'hyaluronidase utilisée, d'origine testiculaire, purifiée, titrant 18.600 V. R. U./g. Dans ces conditions et après cinq minutes d'action, la capsule passe d'une épaisseur moyenne de 6$^{\mu}$,5 à 1$^{\mu}$,7 et la membrane s'épaissit en moyenne quatre fois (épaisseur moyenne : 1$^{\mu}$,7).

L'action *in vitro* de l'hyaluronidase sur *Torula histolytica* semble montrer la

([1]) G. Segretain et E. Drouhet, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1783.
([2]) G. Segretain et E. Drouhet, *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 1161-6.
([3]) R. W. Benham, *J. Infect. Dis.*, 57, 1935, p. 255.
([4]) A. M. Kligman, *J. Immunol.*, 57, 1947, p. 395.
([5]) *J. Biol. Chem.*, 118, 1937, p. 61-9.
([6]) G. K. Hirst, *J. Exper. Med.*, 73, 1941, p. 493-506.
([7]) *Loc. cit.* ([1]) et ([2]).
([8]) Unités de réduction de la viscosité (*viscosity reducing units*).

nature hyaluronique de la capsule à l'abri de laquelle les cellules de levure se multiplient sans que l'organisme envahi manifeste de réactions cellulaires ou sérologiques. Toutefois, la décapsulation des streptocoques par le même enzyme se produit dans des conditions un peu différentes (1-2, V. R. U. d'enzyme et large marge de pH), ce qui paraît indiquer une nature physico-chimique un peu différente pour la capsule des deux organismes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les glucides du* Paulownia imperialis, *holoside et hétéroside*. Note de Mlle **Marie-Madeleine Chollet**, présentée par M. Raoul Combes.

En 1945, dans une Note sur « la présence du stachyose dans deux espèces du genre Scrophularia » (1), j'annonçais des travaux en cours sur les glucides de diverses Scrophularinées. A cette époque, en effet, je venais de trouver du stachyose à côté du catalposide dans le *Catalpa bignonioides* (2) par son port si semblable au *Paulownia imperialis*, et je me demandais si les affinités morphologiques entre ces deux plantes de familles voisines correspondaient à des affinités d'ordre chimique. Le stachyose, présent dans le *Catalpa bignonioides*, s'il était absent de *Digitalis purpurea* et de *Scrophularia alata*, existait dans *Scrophularia sambucifolia* et *S. nodosa* (1). Peut-être existait-il aussi dans le *Paulownia imperialis*. De plus, je désirais comparer les hétérosides de ces deux plantes.

Les fruits du Paulownia, encore verts, avec leurs placentas charnus, semblaient devoir être un bon matériel d'étude. Leur analyse, en fait, prouva qu'il n'en était rien.

Les coques ligneuses, pauvres en glucides ($1^g,52$ % du poids frais), possèdent surtout des sucres réducteurs ($1^g,1$) avec un peu d'un sucre tributaire de la sucrase, vraisemblablement du saccharose, et $0^g,26$ % d'un hétéroside, hydrolysable par l'émulsine avec libération d'un aglycon marron clair (l'hétéroside est exprimé en réducteur formé par action de l'émulsine).

Les graines, extrêmement petites, ne renferment qu'un peu de sucres réducteurs accompagnés de traces d'hétéroside, sans doute dans leurs téguments.

Les placentas volumineux sont riches en glucides : $4^g,54$ %, mais il possèdent trop de sucres réducteurs ($3^g,1$ %) à côté de $0^g,7$ % d'un sucre dextrogyre, tributaire de la sucrase et de la galactosidase α, pour que l'extraction de ce polysaccharide fut aisée. En épuisant par l'acétate d'éthyle bouillant les glucides extraits à l'alcool et en distillant sous vide l'éther acétique, le polysaccharide entraîné a précipité sous forme sirupeuse. De $+145$, le pouvoir rotatoire s'abaisse par action successive de la sucrase et de la galactosidase

(1) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 334.
(2) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 242.

à + 30. Ce polysaccharide se comporte donc comme le ferait du stachyose, mais il n'a pas été obtenu cristallisé. Par distillation plus poussée de l'acétate d'éthyle, un hétéroside a cristallisé en aiguilles, mais en quantité trop faible pour pouvoir être étudié.

Les rameaux, à l'opposé des fruits, se sont révélés excellent matériel d'extraction, leur bois ayant accumulé l'holoside et leur écorce l'hétéroside.

A partir du bois, après défécation à l'extrait de Saturne puis à l'acide phosphotungstique et après précipitation en complexe barytique, le polysaccharide a été obtenu cristallisé. Petites tablettes irrégulières, solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool, après séjour sous vide sulfurique, mises à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant, elles ont encore perdu 9 % de leur poids en eau, ce qui pour un tétrasaccharide est une perte légèrement supérieure à 3 H_2O. Au bloc Maquenne, le point de fusion du produit hydraté est 165°, le pouvoir rotatoire en solution aqueuse est + 145°. Par action de la sucrase, puis de la galactosidase, ce pouvoir rotatoire s'abaisse à + 31°. Par oxydation nitrique on obtient une précipitation d'acide mucique.

Toutes ces propriétés permettent d'identifier le stachyose. Ainsi le *Paulownia imperialis* accumule, dans son bois, le même holoside de réserve que le *Catalpa bignonioïdes*.

En ce qui concerne les hétérosides, un simple examen des rameaux décortiqués fait présumer l'existence de produits différents, les rameaux de Paulownia devenant roses à la décortication et ceux de Catalpa jaune vert.

A partir de 460g d'écorce de jeunes rameaux, épuisés par l'alcool, sitôt après la récolte, l'hétéroside a été obtenu cristallisé, par simple concentration de la solution aqueuse restant après distillation de l'alcool, cette solution ayant été déféquée à la baryte. Parfaitement blanc, cristallisé en aiguilles, cet hétéroside est assez peu soluble dans l'eau froide; d'une solution à 2 % obtenue à chaud, il recristallise par simple refroidissement. Son pouvoir rotatoire est compris entre — 15 et — 18, la détermination de ce pouvoir rotatoire étant peu précise en raison de sa faible solubilité dans l'eau. Par action sulfurique, sa solution se trouble, devient blanchâtre, puis un aglycon rose brun précipite, le milieu se colorant en rose. Après une demi-heure d'ébullition au bain-marie, tout l'hétéroside est décomposé, un sucre réducteur de pouvoir rotatoire voisin de + 52 étant passé en solution. Ces propriétés font penser au syringoside (3); toutefois il ne semble pas que l'on puisse identifier les deux produits. Amer, le syringoside fond à 182°. Il est soluble dans SO_4H_2 concentré avec coloration bleu violet, l'addition d'eau à ces solutions provoquant la formation d'un précipité floconneux bleu gris, soluble en rouge dans l'ammoniaque. Il est soluble aussi dans NO_3H concentré avec coloration rouge sang et dans ClH concentré sans coloration sauf en présence de phénols. Par hydrolyse acide la

(3) V. Plouvier, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 670.

proportion de glucose apparu est 43,8 % (⁴). L'hétésoside isolé des rameaux de Paulownia, à peine amer, fond à 120°. Il se solubilise dans SO_4H_2 concentré avec coloration verte, puis bleue, puis violet rouge, sans précipitation floconneuse par addition d'eau; dans NO_3H concentré avec coloration rose virant instantanément au jaune; dans ClH concentré technique avec coloration vert bleu, cette coloration n'apparaissant pas en présence de résorcine. La proportion de glucose dans ses produits d'hydrolyse est de l'ordre de 53,8 %. L'hétéroside ainsi isolé à partir de l'écorce fraîche de Paulownia semble bien être un corps nouveau, voisin du syringoside. Nous le nommerons le paulownioside.

En septembre, période où ont été effectuées nos récoltes, le paulownioside est le seul hétéroside présent dans les rameaux du *Paulownia imperialis*.

CYTOLOGIE. — *Quelques nouveaux caryotypes de Crustacés Amphipodes.* Note (*) de M. **Jean Le Calvez**, présentée par M. Louis Fage.

Il a été donné ici précédemment (¹) quelques renseignements morphologiques et numériques concernant la garniture chromosomique de quatre Crustacés Amphipodes appartenant au sous-ordre des Gammariens. De nouvelles observations permettent de compléter cette première liste par une seconde comprenant six autres représentants de la famille des *Gammaridæ*. Ils proviennent de milieux variés : marins, saumâtres, eau douce de surface, eau douce souterraine. Les observations se rapportent aux divisions mitotiques ou méiotiques de la lignée germinale mâle.

1° *Niphargus Plateaui* var. *elongatus* Chevreux. Eau douce souterraine. Les figures métaphasiques de divisions spermatogoniales montrent une garniture de 50 chromosomes. Tous sont télocentriques; quatre d'entre eux semblent un peu plus petits que les autres. En métaphase I on les retrouve en 25 bivalents groupés sur une plaque équatoriale de 8 μ de diamètre (*fig.* 1).

2° *Niphargus tatrensis* Wrzeniowski var. *lunzensis* Schell. Espèce alpine et d'Europe centrale. Seules les divisions spermatogoniales ont pu être observées. On y compte 50 chromosomes dont 48 de même taille sont en bâtonnets, tandis que deux plus volumineux ont un centromère médian; chaque branche de ces deux V formés atteint la taille des bâtonnets (*fig.* 2).

3° *Melita palmata* (Montagu). — Espèce marine s'adaptant facilement au faciès saumâtre. Les métaphases I donnent des plaques équatoriales de 8 μ de diamètre et comptant 22 bivalents. De faibles différences de taille entre les chromosomes ne permettent pas d'y établir des classes définies (*fig.* 3).

4° *Gammarus Duebeni* Lilljeborg. — Espèce franchement saumâtre. Les plaques

(⁴) A. Kramer, *Bull. Soc. chim. biol.*, 15, 1933, p. 764.

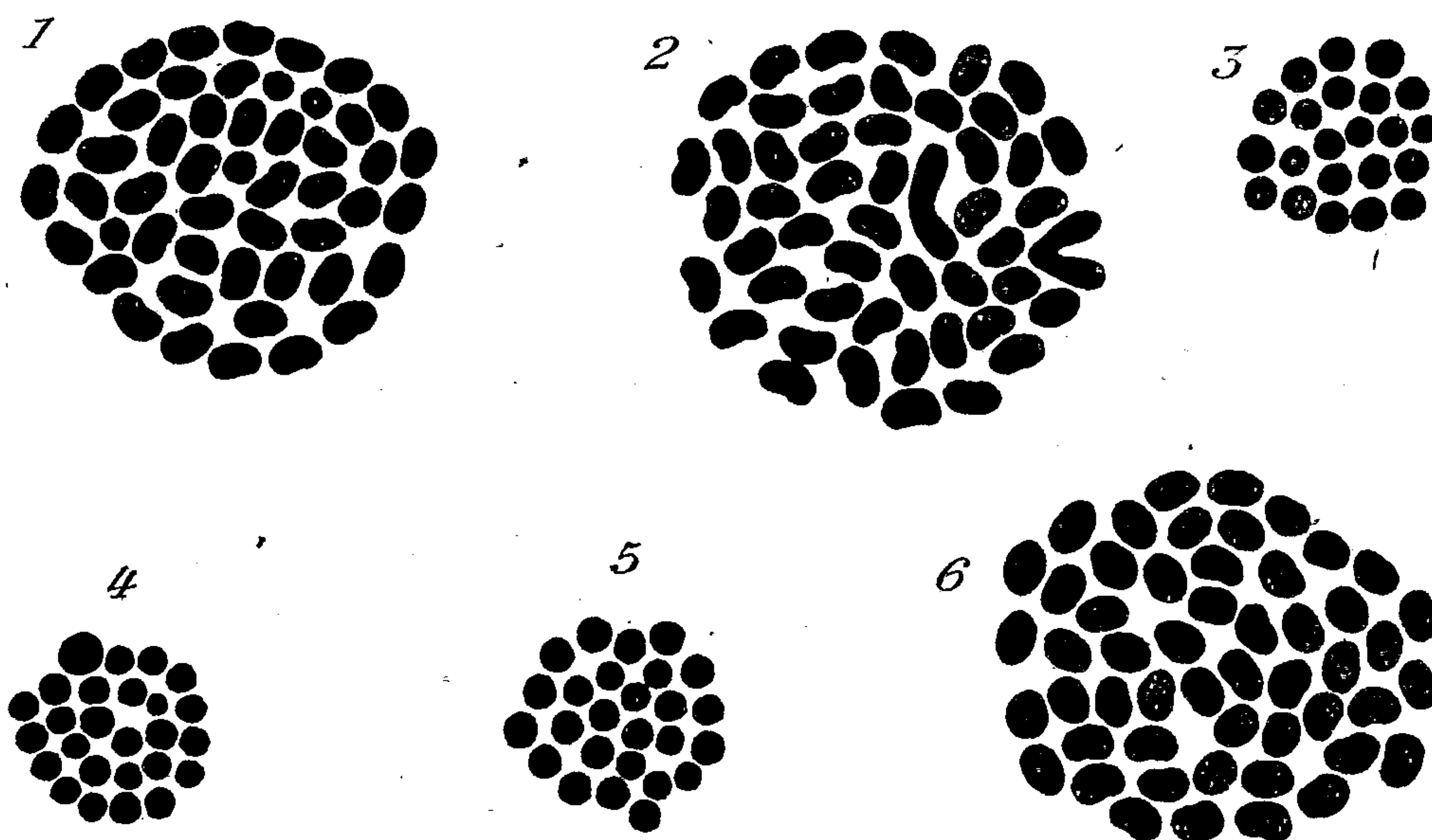
(*) Séance du 24 janvier 1949.

(¹) R. Poisson et J. Le Calvez, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 228-230.

métaphasiques 1 de petite taille (8 μ) permettent de dénombrer 26 bivalents dont un de taille un peu supérieure et un de taille un peu inférieure aux autres (*fig.* 4).

5° *Echinogammurus Berilloni* (Cotta). — Eau douce. 52 chromosomes sub-égaux en bâtonnets dans les divisions spermatogoniales, se retrouvant en 26 bivalents dans les plaques métaphasiques 1 de 9 μ de diamètre (*fig.* 5).

6° *Carinogammarus Rœseli* (Gervais). — Eau douce. Seules les divisions spermatogoniales ont pu être observées. Elles possèdent 52 chromosomes en bâtonnets, tous de même taille (diamètre de la plaque métaphasique spermatogoniale : 15 μ) (*fig.* 6).



Ces numérations jointes aux précédentes indiquent que le nombre sinon basal tout au moins préférentiel de la famille semble être 26. Un écart très significatif est fourni par *Niphargus tatrensis* var. *lunzensis* où l'on constate la présence d'une paire en V remplaçant deux paires de bâtonnets; phénomène cytologique simple réalisable par fusion proximale ou translocation réciproque juxta-centromérienne intéressant deux chromosomes en bâtonnets non homologues. Les autres écarts semblent surtout s'être produits par disparition du set diploïde d'une paire (*N. Plateaui* var. *elongatus*) ou de quatre (*Melita palmata*).

Quoi qu'il en soit, les chiffres déjà obtenus ne permettent guère d'espérer la découverte de polyploïdie tout au moins dans la famille des Gammaridæ où les numérations chromosomiques se serrent autour du chiffre basal.

ENTOMOLOGIE. — *Effets d'implantation de cerveaux chez le Doriphore* (Leptinotarsa decemlineata *Say*) *en diapause*. Note (*) de M. **Pierre Grison**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les expériences de M. P. Joly (¹) sur les Dytiscidés ont montré que les

(*) Séance du 24 janvier 1949.

(¹) *Comptes rendus*, **216**, 1942, p. 807.

glandes rétrocérébrales, considérées comme glandes endocrines contrôlant la ponte chez ces Insectes, pouvaient modifier le cycle ovarien, et par conséquent la durée de la période de repos. Cependant, l'aspect endocrinologique de la diapause a surtout été envisagé par C. M. Williams ([2]), au cours de remarquables travaux sur *Platysamia cecropia*. Cet auteur attribue au cerveau un rôle essentiel, quoique indirect, dans la rupture de la diapause nymphale qui se manifeste par la précocité de la mue imaginale. Poisson et Sellier ([3]) ont également obtenu la rupture de la diapause chez le Grillon champêtre par implantation de cerveau.

Chez le Doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Col. Chrysomelide), l'imago en diapause demeure enfoui dans le sol, les ovaires de la femelle étant généralement immatures ([4]). En 1944 et 1945, nous avions tenté l'implantation des glandes rétrocérébrales d'animaux actifs chez des individus en diapause, ou avant la diapause, pour observer l'effet de cette opération sur l'activité de l'Insecte. Ces expériences étant restées sans résultats positifs, nous avons alors envisagé le rôle possible du cerveau comme facteur de stimulation.

Nous étudierons seulement les résultats de l'opération d'implantation de cerveau d'imago actif dans l'abdomen d'insecte en diapause, opération que nous avons répétée très souvent. Deux catégories de sujets doivent être considérées suivant que l'implantation a lieu peu après l'entrée en diapause ou environ deux mois après celle-ci.

Dans le premier cas, environ le tiers seulement des sujets opérés survivant normalement reprennent leur activité, y compris la ponte lorsqu'il s'agit de femelles. Les autres individus se réenfouissent après un délai plus ou moins long, ce qui les différencie d'ailleurs des témoins ayant subi une simple incision abdominale, lesquels se réenfouissent immédiatement après leur blessure. Étant donnée l'époque de la plupart de ces dernières opérations, il est probable que les cerveaux-greffons étaient trop âgés et que leur fonction endocrine était alors considérablement réduite.

Dans le deuxième cas, au contraire, de nombreux sujets ayant subi l'opération avec succès, environ deux mois après la diapause, reprennent leur activité sans se réenfouir. Cependant quelques individus s'enfouissent à nouveau dans le sol, mais pour quelques jours seulement ce qui contraste avec les témoins qui poursuivent leur diapause pendant plusieurs mois.

Ces faits témoignent d'une action stimulante du cerveau d'imagos actifs sur le Doryphore adulte en diapause; mais aussi d'une potentialité de réactivation de l'organisme plus grande au fur et à mesure que l'Insecte se rapproche de la période normale de rupture de la diapause.

([2]) *Biological Bulletin*, 90, 1946, p. 234.
([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1074.
([4]) P. Grison, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 342.

Enfin, si le cerveau présente une fonction endocrine susceptible de provoquer, directement ou indirectement, la *rupture de la diapause*, il ne semble pas avoir d'effet, dans nos conditions d'expérience, sur l'arrêt proprement dit de l'activité et du développement.

ENTOMOLOGIE. — *Biologie des femelles de la Fourmi fileuse* (Œcophylla longinoda *Latr.*) *élevées isolément*. Note de M. **André Ledoux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les femelles ailées de la Fourmi fileuse (*Œcophylla longinoda* Latr.) manifestent un phototropisme positif très net. En basse Côte-d'Ivoire, il n'est aucun mois de l'année où l'on ne puisse en capturer à la lampe. Des observations portant sur douze mois ont donné les résultats suivants : de 19 heures à 21 heures, récolte totale mensuelle effectuée autour d'une seule lampe : décembre 1946 : 22 ; janvier 1947 : 13 ; février : 11 ; mars : 14 ; avril : 58 (le 21 avril : 12 et le 22 : 31) ; mai : 8 ; juin : 7 ; juillet : 60 (le 14 juillet : 51) ; août : 7 ; septembre : 6 ; octobre : 8 ; novembre : 7. Sauf aux dates précisées ci-dessus, la récolte des femelles se fait à raison de 0, 1, 2 individus par soirée.

On voit rarement des mâles accompagnant les femelles. Une seule fois, j'ai observé le coït.

Mises en élevage, ces femelles se « désailent » et pondent. Le plus souvent l'autotomie alaire précède la ponte de quelques heures. Il y a cependant des exceptions. La ponte a lieu, en général, le lendemain de la capture, c'est-à-dire de l'essor de la femelle. Lors de la ponte, la Fourmi se replie complètement sur elle-même, le thorax vertical, et amène l'extrémité de l'abdomen au niveau de ses mandibules. Seules, les deux paires de pattes postérieures reposent sur le sol. Dans cette position, la Fourmi mordille la partie postérieure de son abdomen avec ses mandibules. Dès que l'œuf apparaît à la vulve, il est caressé par les antennes puis saisi entre les mandibules, tandis que les palpes maxillaires le lèchent doucement. La femelle exerce alors une traction très lente pour extraire l'œuf du conduit génital. Puis, après l'avoir léché longuement, elle le dépose à côté des œufs déjà pondus. L'œuf a une longueur variant de $1^{mm},08$ à $1^{mm},25$, avec un maximum de fréquence pour $1^{mm},15$. La largeur est de l'ordre de $0^{mm},55$. Il est blanc laiteux et brillant. Peu à peu apparaissent deux régions, l'une centrale jaunâtre, l'autre périphérique transparente.

La femelle expulse de 20 à 25 œufs en 8 jours; au bout de ce temps, elle continue à pondre mais dévore une partie de ses œufs, de telle sorte que le nombre en demeure à peu près constant. Elle prend grand soin de sa couvée et ne cesse de lécher, de retourner ses œufs en les changeant de place.

Une huitaine de jours après la ponte, on commence à apercevoir la métamérisation de l'embryon. Vers le neuvième jour a lieu l'éclosion; la larve est immédiatement nourrie par la femelle. Ce phénomène coïncide avec l'oophagie

signalée plus haut, la femelle ne prenant aucune nourriture venue de l'extérieur. Toute son activité est absorbée par les soins qu'elle donne à sa couvée. La larve, dont la taille à l'éclosion est d'environ $1^{mm},3$, croît alors pendant 12 jours jusqu'à mesurer 3^{mm}. A ce moment, la femelle cesse de la nourrir : la larve est devenue une prénymphe de couleur blanche et non enveloppée d'un cocon.

La vie nymphale dure 12 à 13 jours. Dès le 11ᵉ, la nymphe brunit. A l'éclosion, elle devient une ouvrière du type *minor*.

Le nombre des larves arrivant à l'état imaginal est de 5 ou 6 au maximum, soit le quart des œufs pondus dans les huit premiers jours.

Les jeunes ouvrières sont très peu actives et restent autour de leur mère. Cet état dure de 10 à 15 jours. Dans les élevages, il arrive que les jeunes ouvrières meurent avant d'avoir atteint leur période d'activité. L'élevage traverse alors une phase critique. Les ouvrières survivantes, sans s'éloigner encore beaucoup de leur mère, commencent à porter les petits morceaux de sucre mis à leur disposition. Quelques jours plus tard, elles s'occupent des nouvelles larves.

Ainsi, il est hors de doute que, de l'œuf pondu par la femelle fondatrice, est issue une ouvrière *minor*. L'examen du tractus génital de la femelle montre que le réceptacle séminal contient des spermatozoïdes.

Signalons que les œufs de certaines femelles ont donné naissance à des nymphes de mâles qui n'ont pu arriver à l'état imaginal. A la dissection, ces femelles n'ont montré aucune trace de spermatozoïdes.

Nous concluons que la femelle fécondée donne naissance à des ouvrières du type *minor*, la femelle non fécondée produit des mâles. Mais dans tous les cas, l'élevage des larves par la femelle fondatrice est aléatoire et s'accompagne d'un fort déchet. Le fait que, dans la nature, on ne rencontre jamais de fondatrices isolées, laisse supposer que dans la formation de nouvelles fourmilières celles-ci ne jouent qu'un rôle auxiliaire.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une asymétrie latérale statistique, attribut du phénotype sexuel humain.* Note de MM. **Raymond Turpin** et **Marcel-Paul Schützenberger**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Morphologiquement, les dermatoglyphes digitaux se classent en : *arches*, *boucles* (à ouverture *radiale* ou *cubitale*), et *tourbillons*. Chez les sujets normaux, la distribution statistique de ces types varie selon le doigt, la main droite ou gauche, le sexe et la population envisagée. Apparemment plus soucieux des différences qui opposent entre eux les groupes ethniques, la plupart des auteurs ont négligé les caractères communs à l'espèce humaine et qui dépendent moins, sans doute, de la fréquence relative des gènes en cause qui diffère suivant l'aire géographique. Cependant, malgré l'extrême variabilité des proportions des différents types de figures, le rapport de leurs fré-

quences (ou, plus grossièrement, l'ordre de celles-ci), dans les quatre catégories :

Main gauche chez l'homme (MG),
» la femme (FG);
main droite chez l'homme (MD),
» la femme (FD);

est, de façon remarquable, relativement stable et caractéristique de chaque doigt.

Utilisant tous les documents que nous avons pu réunir et qui constituent un échantillonage assez varié de la population du globe, nous avons établi le fait suivant sur les six groupes qui comprennent au moins 400 individus de chaque sexe [1] :

Au médius et à l'index, de façon constante, les boucles radiales prédominent à droite chez l'homme et à gauche chez la femme. Cette opposition est d'autant plus remarquable qu'elle ne s'accompagne que de différences peu sensibles sur les fréquences cumulées. Notamment, au médius, l'ordre de fréquence des boucles radiales est en général : FD < MG < MD < FG, alors qu'à l'index cet ordre moyen est FD < FG < MG < MD. Un phénomène semblable s'observe, pour les tourbillons, au médius, avec le même ordre FD < FG < MG < MD.

En ce qui concerne les autres doigts et les autres types de figures, les interactions *côté* x *sexe* sont souvent significatives [2], mais n'ont presque jamais ce caractère de véritable *renversement de symétrie* (surtout en ce qui concerne les *arches*, d'une part, les *quatrième et cinquième* doigts d'autre part). En l'absence d'une théorie suffisamment développée, il est difficile d'en apprécier la signification biologique, car leur mesure dépend trop de l'outil mathématique employé.

Bien que nous ne puissions encore interpréter ce phénomène d'asymétrie latérale dont la réalité est indiscutable, il mérite à notre avis d'attirer l'attention des chercheurs, car il constitue un type nouveau d'attribut sexuel.

---

(1) 101511 danois (J. N. Bugge); 66000 hispano-indiens (K. O. Henckel); 22000 grand russes (P. S. Semenovski); 2000 javanais (J. Dankmeijer); 800 belges (H. T. Piebenga); et enfin, 1000 français dont nous avons rassemblé les empreintes grâce à M. le Professeur Sannié, Directeur de l'Identité Judiciaire.

(2) L'existence d'interactions côté × sexe pour les arches et pour les tourbillons a été souvent mentionnée mais sans précision, les auteurs s'étant bornés le plus souvent à comparer les fréquences totales. Il semble que seul Semenovski (*Rucckij antropologičeskij žurnal*, 16, 1927, p. 7-21) ait aperçu l'asymétrie qui fait l'objet de la présente Note, mais sans disposer, à cette époque, de documents assez nombreux et assez variés pour en pouvoir prouver la généralité.

BIOCHIMIE. — *Différence de l'activité amylasique de la salive des souris mâles et des souris femelles; son conditionnement hormonal.* Note de Mme **Jeanne Raynaud** et M. **Pierre Rebeyrotte**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude histologique des glandes sous-maxillaires des souris mâles et femelles ([1]), ([2]) a révélé l'existence d'un dimorphisme sexuel caractérisé par un segment tubuleux beaucoup plus développé chez les mâles que chez les femelles et sécrétant abondamment chez les premiers. Parallèlement à cette différence de structure anatomique, il a été signalé que la teneur en protéase de la glande sous-maxillaire diffère dans les deux sexes, mais qu'au contraire, la teneur en amylase resterait constante ([3]).

Nous rapportons ici les résultats de recherches que nous avons faites sur l'activité amylasique de la salive de souris. Une expérience préliminaire nous a montré, en effet, qu'à volume égal, la salive des mâles libérait, à partir de l'amidon, une quantité beaucoup plus considérable de glucose (228^{mg}) que celle des souris femelles (177^{mg}). Cette observation nous a incités à étudier, d'une façon précise, les quantités de glucose libérées à partir d'empois d'amidon par un même poids de salive de mâle et de salive de femelle ([4]).

Conditions expérimentales. — Étant donné la très faible quantité de salive qu'il est possible de prélever par animal, nous avons prélevé, pour chaque expérience, d'une part la salive de 10 souris mâles, d'autre part la salive de 10 souris femelles. Pour effectuer les dosages nous faisons agir un poids connu (environ 50 à 100^{mg}) de salive sur une solution d'empois d'amidon à 20 ‰. Après action de cinq minutes, à la température du laboratoire, nous pratiquons une défécation cadmique et ensuite le dosage du glucose libéré par la méthode de réduction du ferricyanure de potassium [méthode d'Hagedorn-Jensen ([5])]. Il est à préciser que l'évolution de la solution d'amidon ne permet pas la comparaison d'une série d'expériences à l'autre. Nos résultats sont rapportés dans les colonnes *a* et *b* du tableau I.

([1]) A. Lacassagne, *C. R. Soc. Biol.*, 133, 1940, p. 180, 227 et 359.

([2]) J. Chaulin-Servinière, *C. R. Soc. Biol.*, 136, 1942, p. 62; J. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1944, p. 304.

([3]) L. C. U. Junquera, M. Rabinovitch et A. M. Fajer, *Rev. Brasil Biol.*, 7, 1947, p. 435; *Anat. Rec.*, 100, 1948, p. 682.

([4]) Les dosages ont été effectués dans le laboratoire de M. le Professeur Machebœuf.

([5]) *Bioch. Zeits.*, 135, 1923, p. 46.

TABLEAU I.

	Quantité de glucose (mg) libéré pour 100^{mg} de salive		
	de souris ♂. (*a*).	de souris ♀. (*b*).	de souris ♀ traitées à la testostérone. (*c*).
Première expérience	200	118	157
Deuxième »	167	82	132
Troisième »	181	77	145

La lecture de ce tableau montre d'une façon nette que la salive des souris femelles a une activité amylasique beaucoup plus faible que celle des mâles (— 50 % en moyenne).

D'autre part, comme le segment tubuleux de la sous-maxillaire est sous la dépendance des hormones testiculaires, nous avons pensé que la plus grande activité amylasique dans la salive des souris mâles, pouvait provenir d'une influence stimulatrice de l'hormone testiculaire. Nous avons donc soumis neuf souris femelles à un traitement par le propionate de testostérone, à une dose variant de 0,5 à 1^{mg} par jour, pendant un mois (la dose totale injectée varie de 15 à 25^{mg}). Nous avons prélevé pour chaque série d'expériences la salive de ces neuf femelles et le résultat des dosages est rapporté dans la colonne *c* du tableau I. On voit que les injections de propionate de testostérone aux souris femelles augmentent d'environ 30 %, pour ces doses, l'activité amylasique de leur salive.

Il était naturel de penser que le dimorphisme sexuel existant au niveau des glandes sous-maxillaires des souris était à l'origine de la différence de l'activité amylasique de leur salive. Ceci nous a conduits à étudier l'activité amylasique de la glande sous-maxillaire elle-même. Pour cette étude, nous avons pris un poids égal de glandes sous-maxillaires : 1° de mâle, 2° de femelle, 3° de femelle ayant reçu 27^{mg} de propionate de testostérone et nous les avons broyées respectivement dans un demi-centimètre cube d'eau physiologique. Étant donné que les sous-maxillaires d'une souris mâle pèsent plus que celles d'une souris femelle, pour avoir un poids égal de substance glandulaire, nous avons dû prendre trois sous-maxillaires de femelles dans la première expérience, quatre dans la deuxième; alors que nous n'avons pris que deux sous-maxillaires de mâles et deux sous-maxillaires de femelles traitées à la testostérone dans chaque expérience. Le tableau II indique les résultats obtenus.

TABLEAU II.

	Quantité de glucose libéré pour 100^{ms} d'un broyat contenant un poids égal de sous-maxillaires		
	de souris ♂.	de souris ♀.	de souris ♀ traitées à la testostérone.
Première expérience	239	139	210
Deuxième »	263	220	268

De ce tableau, il ressort que l'activité amylasique des glandes sous-maxillaires d'une femelle est beaucoup plus faible que celle des sous-maxillaires d'un mâle, et que le traitement prolongé par la testostérone provoque chez la femelle une activité amylasique tout à fait comparable à celle des mâles.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Rôle du calcium dans le sang et mode d'action de certains anticoagulants.* Note de MM. **Yves Raoul** et **Nessim Ragheb-Hanna**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans un travail récent, Quick et Stefanini (¹) ont mis en doute l'intervention du calcium sous forme ionisée dans la coagulation du sang. En effet, l'addition d'oxalate dans une proportion précipitant 80 % du calcium ionisé ne modifie presque pas le temps de coagulation (*temps de prothrombine* de Quick) et celle d'une quantité d'oxalate dépassant de 60 % la concentration nécessaire pour précipiter la totalité du calcium ralentit sensiblement mais n'empêche pas la coagulation. D'autre part, d'après les mêmes auteurs, le citrate formerait un complexe avec la prothrombine, et c'est par cette voie que serait empêchée la coagulation du sang. Ce fait expliquerait que la prothrombine du sang citraté n'est plus adsorbable par le phosphate tricalcique. Ici encore, la diminution du calcium ionisé ne serait pas en cause.

Nous apportons les résultats d'expériences qui semblent confirmer ces vues.

1° *Action du citrate sur le sang de Rat normal ou carencé en prothrombine.* — Le plasma de Rat renferme sensiblement la même quantité de calcium que le plasma humain (environ 100 mg/l). Cependant, on constate que, pour inhiber la coagulation, il faut environ *trois à quatre fois plus de citrate*, c'est-à-dire :

Solution de citrate de sodium à 4 %	1$^{cm^3}$
Solution de chlorure de sodium à 8 %	1
Sang de Rat	2

que dans le cas du sang humain, où celle-ci est prévenue par addition de 1$^{cm^3}$ de solution de citrate de sodium à 4 % pour 9$^{cm^3}$ de sang.

Si l'on soumet les animaux à un régime entravant la synthèse intestinale de

(¹) *Journ. Gen. Physiology*, 32, 1948, p. 191.

la vitamine K et son absorption, régime obtenu en ajoutant à un aliment naturel 0,5 % de sulfadiazine et 7 % d'huile de paraffine ([2]), on observe que la quantité de citrate nécessaire pour empêcher la coagulation peut être ramenée au même taux que pour le sang humain. Cependant, il est facile de constater que la teneur en calcium du plasma demeure inchangée :

Mélange de plasmas de 5 rats normaux....................	104 mg/l
Mélange de plasmas de 5 rats carencés pendant 15 jours.....	103 mg/l

La comparaison des conditions d'inhibition de la coagulation des plasmas de Rat normal ou carencé en prothrombine et de plasma humain montre donc que la quantité de citrate ajoutée dans ce but doit être proportionnelle, non à la quantité de calcium, mais à celle de prothrombine, tout au moins en gros, car l'activité variable des facteurs thrombo-cinétiques ou des inhibiteurs peut intervenir d'une espèce animale à une autre.

2° *Action d'un excès de calcium sur la coagulation.* — Si à du plasma de Rat normal citraté comme il a été indiqué plus haut et dilué au dixième, on ajoute des proportions croissantes de chlorure de calcium 0,2 M, on observe une coagulation normale pour 0,05 à $0^{cm^3},15$ de solution calcique par centimètre cube de plasma dilué, puis un retard de coagulation d'autant plus marqué que la solution calcique est ajoutée en plus grand excès ([3]). L'opacité du caillot est aussi de moins en moins importante. Cette profonde modification de la coagulation en présence d'un excès de calcium ionisé, déjà signalée par Guillot ([4]), reste pour le moment d'une interprétation difficile.

En somme, il semble bien qu'il ne faille pas attribuer une trop grande valeur à cette partie de la théorie classique de la coagulation du sang qui fait intervenir le calcium ionisé.

PHARMACODYNAMIE. — *De l'action physiologique de l'Iboga (Tabernanthe Iboga H. Bn.) et de l'ibogaïne; effet sur la chronaxie musculaire.* Note de MM. **René Paris** et **Claude Vairel**, présentée par M. René Souèges.

L'Iboga (*Tabernanthe Iboga* H. Bn.) est une Apocynacée du Gabon dont les indigènes utilisent la racine comme tonique, aphrodisiaque, hypnofuge. Cette drogue *défatigante* a déjà fait l'objet de nombreuses recherches d'ordre

([2]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1948 (sous presse).

([3]) La coagulation est suivie de façon photométrique suivant P. Meunier et A. Dreyfuss (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 22, 1940, p. 529).

([4]) *Le sang*, 27, 1946, p. 235.

chimique et pharmacodynamique, et récemment dans notre laboratoire J. Delourme-Houdé ([1]) a précisé les caractères botaniques, chimiques et physiologiques de cette plante. Cependant le mécanisme de l'action tonique est encore inconnu. Deux hypothèses ont été formulées: d'après Raymond-Hamet ([2]) qui a montré que l'ibogaïne renforçait l'activité de l'adrénaline, l'effet de l'Iboga serait dû à son pouvoir sympathicosthénique : sous l'influence de cette drogue, le système nerveux sympathique devient plus sensible aux excitants et l'homme est moins sensible à la fatigue, tandis que, d'après D. Vincent et Mlle I. Séro ([3]), c'est l'action inhibitrice sur la cholinestérase qui permet d'expliquer l'action tonique de l'Iboga : l'acétylcholine mise en liberté est moins rapidement détruite, d'où amélioration du fonctionnement du système neuro-musculaire.

Devant ces hypothèses, il nous a paru intéressant de rechercher si l'Iboga et l'ibogaïne provoquaient des modifications de l'excitabilité musculaire. Nous nous sommes adressés à la préparation sciatique-gastrocnémien de Grenouille, et les mesures de chronaxie ont été effectuées soit par la méthode des condensateurs de Lapicque, soit à l'aide du capachronaximètre de Chauchard et Lecoq. L'ensemble nerf-muscle a été placé dans une cellule à paraffine (Cardot et Régnier).

Dans une première série d'expériences (mesure de la chronaxie du sciatique), le nerf repose sur les électrodes, on suit de 10 minutes en 10 minutes (après vidange) l'excitabilité de la préparation, à pH 6,8, d'abord en liquide de Ringer, puis en solution physiologique additionnée d'Iboga (teinture ou infusé) ou d'ibogaïne (chlorhydrate); dans une deuxième série d'expériences (chronaxie musculaire), deux électrodes en argent chloruré sont piquées dans le muscle. Nous avons ainsi constaté que ni l'infusé de racine d'Iboga à 1 %, ni la teinture à 1 pour 20 (dont on avait évaporé l'alcool), ni l'ibogaïne à 1 pour 500 ne modifiaient la chronaxie du nerf. Par contre, ces mêmes préparations abaissent la chronaxie du muscle ainsi qu'en témoignent les expériences suivantes :

a. rhéobase : 0,6 V ; chronaxie 0,04 μF ;
après ibogaïne à 1 pour 500 (pendant 10 minutes) : rhéobase 0,75 V : chronaxie 0,02 μF ;
b. rhéobase 0,6 V ; chronaxie 0,03 μF ;
après teinture au 1/100 : rhéobase 0,80 V ; chronaxie : 0,016 μF ;
(avec l'infusé à 1 % l'abaissement est moins marqué).

Plusieurs essais effectués dans des conditions analogues ont donné des résul-

([1]) *Thèse Doct. Univ.* (*Pharm.*), Paris, 1944.
([2]) *Bull. Acad. Méd.*, 124, 1941, p. 243.
([3]) *Trav. Membres Soc. Chim. Biol*, 24, 1942, p. 1352.

tats du même ordre. Étant données les relations existant entre la chronaxie et l'hydrophilie du muscle (L. et M. Lapicque) nous avons également étudié les modifications de l'imbibition suivant la technique classique de Lapicque : les deux muscles sont pesés avant l'expérience et après 45 minutes d'immersion ; en milieu isotonique, nous n'avons pas constaté de variations, mais en milieu hypotonique, l'ibogaïne augmente l'imbibition.

L'Iboga et l'ibogaïne, tout au moins dans certaines conditions (faible dose, courte durée de contact), se rapprochent donc des poisons (ésérine, pilocarpine, etc.) qui diminuent la chronaxie musculaire et agissent sur le gliode en y laissant plus facilement pénétrer l'eau. Ils ont une action directe sur le muscle qui n'a besoin que d'une faible excitation pour se contracter ; ainsi peut s'expliquer l'action tonique de l'Iboga et de son alcaloïde principal.

L'ibogaïne provoquant de la paralysie chez la Grenouille, nous avons déterminé la dose qui abolit le réflexe de retournement ; cette dose est assez élevée et se situe aux environs de 35^{mg} par kilogramme. Chez le Lapin, on obtient une résolution musculaire avec paralysie du train postérieur et chute de la tête avec des doses de 4 à 5^{mg} par kilogramme (voie intraveineuse). Enfin, signalons que la dose mortelle 50 % chez la Souris, par voie sous-cutanée, est d'environ 275^{mg} par kilogramme ; la Souris est moins sensible à cet alcaloïde que le Cobaye (L. D. 50 % : 82^{mg}).

BACTÉRIOLOGIE. — *Formation de gypse, par voie biologique, dans certaines altérations des pierres des monuments.* Note (*) de MM. **Jacques Pochon**, **Adolphe Rose**, **Yao-Tseng Tchan** et **Jacques Augier**, présentée par M. Joseph Magrou.

Cherchant à élucider le rôle éventuel des microorganismes dans certaines altérations, dites *maladies des pierres*, observées sur les façades des monuments, deux d'entre nous ont antérieurement montré : 1° qu'il était possible d'isoler, à partir des débris de pierres atteintes, des bactéries oxydant les sulfures et les hyposulfites en sulfates ([1]) ; 2° que, dans des conditions expérimentales aussi proches que possible des conditions naturelles, il était nécessaire, pour obtenir en présence des pierres saines une attaque de celles-ci et une acidification du milieu, d'ensemencer la pierre avec des germes isolés de pierres malades et d'introduire de petites quantités de H_2S ([2]).

Nous en avions conclu que les germes supposés responsables de l'altération

---

(*) Séance du 17 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 695.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2-188.

des pierres n'existaient effectivement que sur les pierres atteintes et non sur les pierres saines, qu'ils étaient indispensables, au laboratoire, pour faire apparaître l'acidification du milieu de culture et que, vraisemblablement, ils oxydaient les sulfures en sulfates.

Nous apportons ici la démonstration de ce point capital.

Avec le dispositif expérimental déjà signalé, nous avons recherché la présence de sulfate de calcium dans les fioles ensemencées avec les bactéries de la pierre atteinte et en présence de H_2S, c'est-à-dire dans le seul cas où nous ayons noté une acidification du milieu (pH6,2). La même recherche a été faite dans les lots témoins où il n'y avait pas eu d'acidification (absence d'ensemencement ou absence de H_2S).

Les sulfates ont été recherchés dans le milieu de culture par le chlorure de baryum (gravimétrie). Par rapport au témoin, nous avons trouvé des quantités dix fois supérieures [3].

Pour mettre en évidence de façon absolument certaine la présence de sulfate de calcium, de gypse cristallisé, nous nous sommes adressés à l'analyse aux rayons X des milieux de culture après dessiccation lente. Les conditions expérimentales étaient les suivantes : rayonnement $K\alpha$ du cuivre réfléchi par un monochromateur à lame courte, chambre de 240^{mm} de circonférence, focalisation à l'entrée de la chambre, bâtonnet au centre de la chambre; diamètre, 1^{mm}.

Le seul résultat positif a été obtenu dans les milieux de culture ensemencés et en présence de H_2S; les raies du gypse y sont extrêmement nettes (un témoin a été fait avec du gypse préparé chimiquement). Tous les autres ont été négatifs, c'est-à-dire que les poudres obtenues par dessiccation contiennent moins de 5 % de gypse. Les résultats ont été également négatifs avec la pierre finement pulvérisée. C'est donc que le gypse formé par l'attaque bactérienne est pratiquement passé en solution.

Nous pensons donc avoir apporté la démonstration définitive de la possibilité de formation de gypse par voie biologique (oxydation des sulfures et hyposulfites) par les bactéries trouvées au niveau des pierres atteintes et donc la participation de ce phénomène biologique à l'altération des pierres des monuments. La question reste posée de l'origine des sulfures; une petite partie provient de la pierre elle-même, tout au moins dans certains cas (Bourcart); la majeure partie peut provenir des eaux de pluie ou d'eaux du sol montant par capillarité après réduction des sulfates de celles-ci par une microflore réductrice.

---

(3) Dans les autres lots non stérilisés, non ensemencés, en présence de H_2S, de petites quantités de sulfates ont été trouvées vraisemblablement en rapport avec la présence de germes moins actifs que ceux de l'ensemencement, mais qui, cependant, peuvent travailler en synergie avec ceux-ci.

BACTÉRIOLOGIE. — *Divorce entre croissance et respiration chez un* Bacillus subtilis *exigeant et carencé en streptomycine.* Note (*) de M. **Pierre Schaeffer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que des *B. subtilis* exigeants en streptomycine (Sm), en état de croissance exponentielle, peuvent, lorsqu'on les prive brusquement de l'antibiotique facteur de croissance, effectuer quelques divisions à vitesse constamment décroissante. Il était intéressant de suivre le métabolisme des bactéries durant cette période.

Le matériel était préparé comme dans les essais précédents, à ceci près que les cultures destinées aux expériences s'étaient développées en présence de Sm à raison de 30 $\mu g/cm^3$. Les suspensions bactériennes convenablement diluées dans un milieu nutritif étaient introduites dans les fioles de manomètres de Warburg à raison de 3 $^{cm^3}$ par fiole. La respiration était mesurée à intervalles réguliers et après chaque mesure une fiole prélevée pour la mesure de la densité optique (d. o.). L'une des suspensions était additionnée de Sm ajoutée au temps zéro à partir du diverticule.

Le graphique représenté les résultats d'une expérience type. On voit que la respiration des suspensions additionnées de Sm(100 $\mu g/cm^3$) est passée de 13$^{mm^3}$ pendant la première demi-heure, à 140$^{mm^3}$ pendant la huitième. Dans le même temps, la d. o. (non représentée) passait de 80 à 1030; en présence de Sm, respiration et d. o. vont à peu près de pair. Par contre avec les suspensions carencées en Sm, la respiration est restée constamment à son niveau initial (11$^{mm^3}$/demi-heure). Cependant la d. o. dans les fioles de l'appareil de Warburg passait progressivement de 80 à 200. L'intensité respiratoire, I. R., exprimée par le rapport

$$\frac{\text{consommation d'}O_2\text{ en mm}^3\text{ en 30 min.}}{\text{moyenne des d. o. initiale et finale}} \times 10^3$$

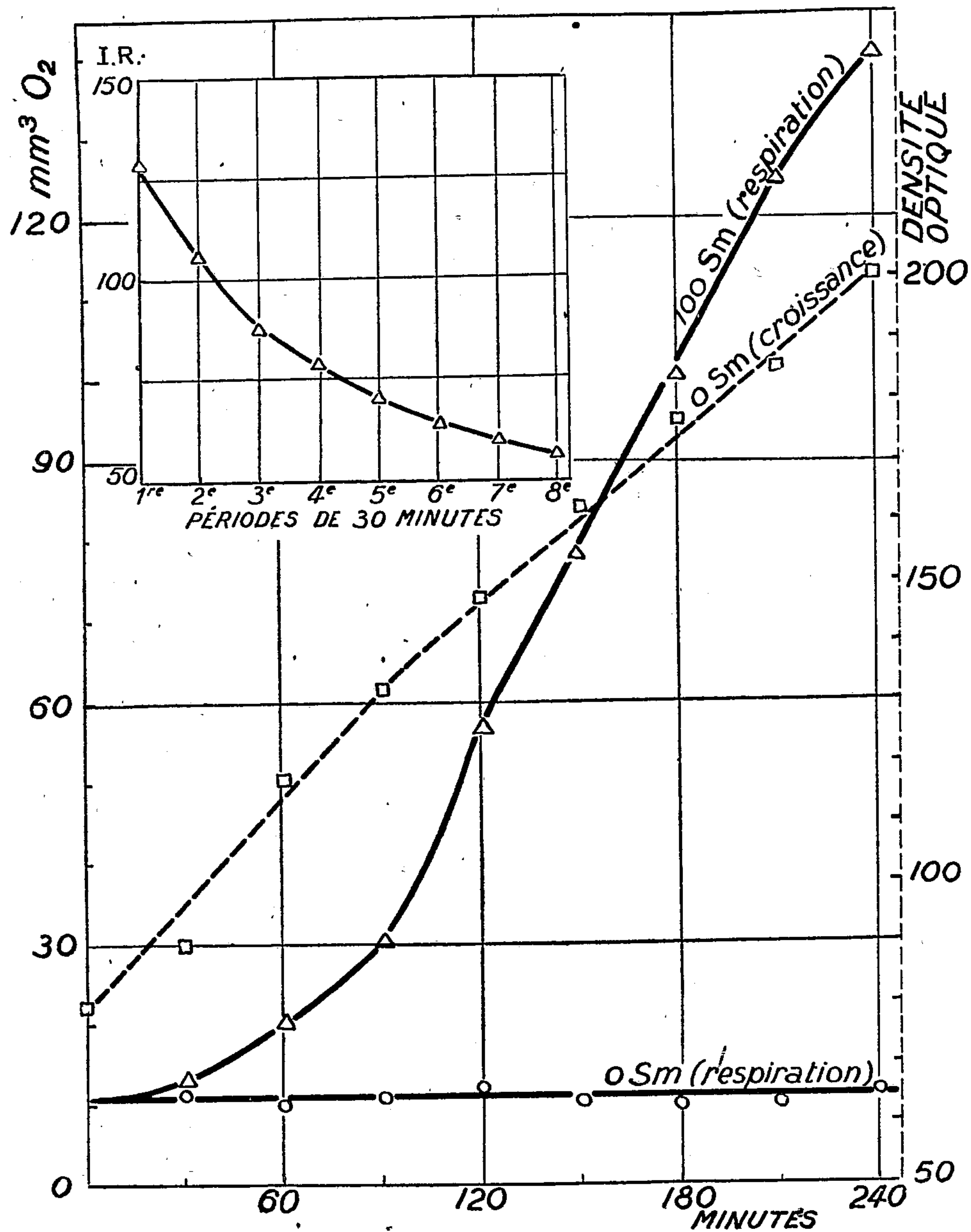
a constamment diminué (*voir* figure).

On voit donc qu'en présence de Sm les bactéries exigeantes peuvent se développer dans l'appareil de Warburg, au moins pendant quelques heures; à en juger par l'augmentation de la respiration, les bactéries synthétisent les éléments de leur système catalytique respiratoire. Au contraire, la respiration des bactéries privées de Sm reste constante; certaines synthèses sont cependant

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 277.

possibles, puisqu'il y a augmentation de la d. o. Mais l'un au moins des éléments constitutifs des systèmes catalytiques contrôlant l'intensité du méta-



bolisme n'est pas synthétisé. Ajoutons que notre souche se développe bien, quoique plus lentement, en anaérobiose, et que la Sm est indispensable aussi bien pour le développement anaérobie que pour le développement aérobie. Il

semble donc que la Sm nécessaire aux bacilles exigeants doive intervenir dans la synthèse d'enzymes ou de coenzymes activant ou transportant l'hydrogène.

MICROBIOLOGIE. — *Effets dispersifs de l'hyaluronidase sur certains ultravirus.* Note (*) de MM. **Constantin Levaditi**, **Maurice Gueutier** et **Aron Vaisman**, transmise par M. Gaston Ramon.

L'hyaluronidase (Hy), enzyme dispersif [*facteur diffusant* de Duran-Reynals (1), Hoffmann et Duran-Reynals (2), Mc Clean (3), Madinaveitia (4)], a été isolée par Chain et Duthie (5) (6). Cet enzyme, du fait de la destruction de l'acide hyaluronique (mucopolysaccharide), provoque et accentue la diffusion intra-cutanée. Il agit en augmentant la perméabilité du derme à l'égard des solutions colorantes, des bactéries, des toxines microbiennes, des particules en suspension, etc.

Il nous a semblé intéressant d'étudier ses effets dispersifs sur les divers ultravirus. Voici les résultats de nos observations :

I. *Vaccine neurotrope. a. Inoculation intra-dermique.* — En présence d'une concentration d'hyaluronidase (Hy) de 10^{mg} par centimètre cube, des dilutions de virus cérébral variant de 10^{-1} à 10^{-9} sont inoculées intra-dermiquement à des lapins, dans la peau du ventre préalablement épilée (côté droit). Des émulsions témoins, où l'Hy est remplacée par de l'eau salée isotonique, sont injectées, aux mêmes doses, du côté opposé (côté gauche). On enregistre l'évolution des papulo-pustules du premier au quatrième et cinquième jour. Avec le neurovaccin dilué de 10^{-1} à 10^{-5}, des différences considérables se font jour en faveur de l'extension progressive des papulo-pustules en présence d'Hy, par rapport aux témoins. Même effet pour les dilutions vaccinales comprises entre 10^{-3} et 10^{-7}. *Au surplus, des dilutions inopérantes à* 10^{-5} *et à* 10^{-7} *du côté témoin, provoquent des lésions encore manifestes du côté* Hy.

(*) Séance du 24 janvier 1949.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 6 et 108.

(2) *Science*, 72, 1931, p. 508; *J. exp. Med.*, 53, 1931, p. 387.

(3) *J. Path. Bact.*, 33, 1930, p. 1045 et suiv.

(4) *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 1806.

(5) *Nature*, 144, 1939, p. 977.

(6) Éditorial du *Lancet*, 254, 1948, p. 294; Gastinel et Fasquelle, *Bull. Acad. Méd.*, 61, 1947, p. 427; Arnaud, *Thèse*, Paris, 1944.

Des dissemblances analogues apparaissent avec le *neurovaccin préalablement filtré* à travers une membrane en collodion (porosités de 1110 mμ). Un essai identique aux précédents a été effectué avec des *corpuscules élémentaires dermovaccinaux* (7) (méthode de Smadel). La présence d'Hy engendre non seulement des papulo-pustules plus précoces et plus étendues, lorsqu'on utilise des dilutions oscillant de 10^{-1} à 10^{-5}, mais encore, à 10^{-4} et 10^{-5}, des accidents cutanés, *absents du côté témoin*. Ajoutons que l'Hy n'est pas adsorbée par ces corpuscules élémentaires. Le neurovaccin tué par la chaleur, comme aussi le cerveau normal, se montre totalement inerte.

b. Inoculation dans la chambre antérieure de l'œil du Lapin. — Si aucune différence n'apparaît lorsqu'on s'adresse à des dilutions neurovaccinales de 10^{-1}, par contre, à des concentrations de 10^{-4} une diffusion intense, intéressant la cornée et la conjonctive, se manifeste en présence d'Hy (comparaison avec les témoins).

c. Inoculation intra-testiculaire. — Aucune influence favorable sur la vitesse d'apparition et le degré de l'orchite vaccinale. Ce fait pourrait être attribuable à la présence d'Hy dans le testicule (8).

II. *Virus de l'herpès. a. Inoculation intra-cérébrale à la Souris.* — Les concentrations de virus herpétique (cerveau de lapin) ont oscillé entre 5.10^{-1} et 5.10^{-4}. L'Hy, dans certains de nos essais, a semblé déterminer une précocité du décès des sujets (moyenne : 6,2 jours), par rapport à celui des témoins (8,4 jours). Si l'inoculation intra-oculaire au Lapin ne provoque aucun écart appréciable, par contre un tel écart devient évident si l'on s'adresse à : *b. l'inoculation cutanée* (scarifications). Ainsi, avec une dilution de virus à 10^{-3}, l'éruption papulo-vésiculeuse est nette du côté Hy, alors qu'elle est totalement absente du côté témoin.

III, *Fièvre aphteuse.* — L'Hy s'est montrée inagissante, du point de vue dispersif, chez les Cobayes inoculés aux pattes avec le virus aphteux dermotrope. Mêmes résultats négatifs chez la Souris contaminée par voie transcrânienne (virus neurotrope).

IV. *Rage (virus fixe)* (9), *encéphalomyélite américaine, poliomyélite (souches Lansing et WW).* — Inoculations intracérébrales chez la Souris. Aucune activité dispersive de l'Hy.

---

(7) Ces corpuscules ont été préparés par M. Reinié, du Service des Ultravirus de l'Institut Pasteur.

(8) L'acide hyaluronique neutralise l'effet dispersif cutané de l'Hy (neurovaccin).

(9) Dans une Note présentée à la séance du 6 janvier 1949 de la Société des Microbiologistes de Langue française, M. Becquignon a montré que l'Hy rend rabigène le virus fixe inoculé sous la peau.

Conclusions. — *L'effet dispersif de l'hyaluronidase est des plus accentués si l'on utilise comme tests les virus vaccinaux neurotrope et dermotrope, ou le virus de l'herpès, inoculés soit dans la peau du Lapin, soit dans la chambre antérieure de l'œil; peu importe que l'on emploie le neurovaccin ultrafiltré ou non, ou encore les corpuscules élémentaires dermovaccinaux. En ce qui concerne les virus encéphalitogènes, aucun écart n'a été relevé quant à l'évolution de l'encéphalite, excepté pour le virus de l'herpès. L'hyaluronidase se révèle capable d'accentuer l'activité vaccinogène cutanée du neurovaccin.*

À $15^h 45^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 FÉVRIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Pierre Wenger**, Directeur de l'Institut du Radium de Genève.

Notice nécrologique sur Torsten Carleman.
Correspondant pour la section de Géométrie,
par M. **Gaston Julia**.

Torsten Carleman, professeur à l'Université de Stockholm, directeur de l'Institut Mittag-Leffler, correspondant pour la section de Géométrie de notre Académie, est mort à Djursholm le 11 janvier dernier. Tous les mathématiciens ressentiront cruellement cette perte, et plus encore les mathématiciens français dont il était l'ami.

Torsten Carleman était né à Visseltofta le 8 juillet 1892, d'une famille qui a donné à la Suède plusieurs éléments de valeur. Au cours de brillantes études à Upsal, sous la direction d'Holmgren, aujourd'hui disparu, et du patriarche Wiman dont la verte vieillesse et l'intérêt persistant pour les mathématiques font l'admiration générale, Carleman fut distingué par Mittag-Leffler qui comprit l'exceptionnelle valeur de ce jeune homme. Mittag-Leffler l'envoya compléter sa formation mathématique à Zurich et à Göttingen où il rencontra notamment Hilbert, puis à Cambridge et à Paris, où il se lia avec la plupart de nos maîtres et de nos collègues mathématiciens.

L'éclat de ses premiers travaux attirait l'attention des connaisseurs. En 1916, sa Thèse élargit d'une façon essentielle la portée de la célèbre méthode de Fredholm pour la résolution de l'équation intégrale du Problème de Dirichlet, en considérant les courbes ou les surfaces ayant des points anguleux, pour lesquels l'équation devient singulière. Suivent, à des dates rapprochées, quelques mémoires extrêmement concis, mais riches de contenu, relatifs à des questions difficiles d'Analyse et de Physique mathématique, abordées par des méthodes très variées et relevant des équations intégrales, du calcul des varia-

tions, de la théorie des fonctions de variables réelles ou complexes, qui donnent au « style mathématique » de Carleman son caractère propre éminemment original.

Mais surtout il recueille et il élabore les matériaux de son beau livre *Sur les équations intégrales singulières à noyau réel et symétrique,* qui paraît à Upsal en 1923. A ces équations singulières, Carleman étend la théorie d'Hilbert : il reconnaît en particulier l'existence d'un spectre étalé sur tout l'axe réel et des fonctions propres correspondantes. Ce travail fondamental constitue en fait la première théorie des opérateurs self-adjoints non bornés de l'espace hilbertien, qui devait par la suite être considérablement simplifiée et présentée sous une forme beaucoup plus directe et plus accessible. Carleman y révèle une maîtrise consommée de tous les moyens connus de l'Analyse, auxquels il ajoute des méthodes personnelles qui deviendront rapidement classiques. Il donne aussi des applications à des problèmes fort importants de l'Analyse (formes quadratiques à une infinité de variables, fractions continues, problème des moments) qui font avancer considérablement la solution de ces problèmes.

Il est tout à fait remarquable, et tout à l'honneur de notre pays, que ce grand travail de Carleman sur les équations intégrales singulières ait été écrit en langue française et, dans sa plus grande partie, à Paris. Ce travail est peut-être moins connu que le petit livre *Sur les fonctions quasi analytiques,* non moins intéressant, non moins original et non moins riche de contenu qui le suivit, et dont l'essentiel fut exposé au Collège de France dans les leçons magistrales que Carleman y donna en 1923. Mais presque toutes les méthodes qui menèrent Carleman aux résultats mémorables qu'il obtient dans la théorie des fonctions quasi analytiques, se trouvaient déjà élaborées dans son livre *Sur les équations intégrales singulières.* Rappelons quelques-uns de ces résultats : condition nécessaire et suffisante pour la quasi-analyticité des fonctions indéfiniment dérivables de variables réelles, calcul effectif d'une fonction quasi analytique dont on donne les dérivées en un point, classification des fonctions quasi analytiques, applications diverses et fort importantes aux séries asymptotiques, aux fractions continues de Stieltjes, aux séries de fractions rationnelles, au problème des moments, etc.

Carleman devait, par la suite, faire d'autres savantes applications de ses originales méthodes, aux systèmes d'équations différentielles non linéaires, à l'équation intégro-différentielle de Boltzmann, à l'équation de Schrödinger; il donna la première expression asymptotique des *fonctions propres* des membranes vibrantes et de diverses équations aux dérivées partielles, alors que H. Weyl avait donné une expression asymptotique des *valeurs propres.* En 1937, il enseigna à l'Institut Poincaré sur l'équation de Boltzmann. Un remarquable petit livre sur *l'intégrale et la transformation de Fourier,* paru en 1944, devait être, avec la conférence qu'il fit en 1947 au Colloque de Nancy, la dernière manifestation de l'activité mathématique de Carleman. La maladie le minait

et la souffrance, qu'il acceptait avec une singulière virilité, devenait la compagne assidue de sa vie. Quelques reculs passagers de la douleur ranimèrent l'espoir de ses amis, car cet illustre mathématicien était aussi un athlète, et l'on pouvait espérer qu'il triompherait de la maladie, mais le 11 janvier dernier fût le dernier jour de Torsten Carleman.

Il laisse une œuvre d'une admirable perfection, d'une originalité saisissante, qui suppose une pénétration et une puissance de l'esprit peu communes. Il s'inscrit parmi les grands noms des mathématiciens scandinaves, à côté d'Abel et de Sophus Lie.

Nous garderons fidèlement son souvenir. Nous revoyons ses yeux bleus tout pétillants d'intelligence et animant une face énergique et souriante de Scanien blond. Nous évoquerons ses silences légendaires, que rompaient, à intervalles rares et tout à fait imprévus, des remarques lourdes de sens ou d'humour. Nous n'oublierons pas qu'il aimait beaucoup notre pays, ses horizons et sa culture; il y vécut de longs mois lorsque, jeune Maître de Conférences à Upsal, puis Professeur à Lund, il venait passer ses vacances à Paris ou dans nos provinces. Il y revint souvent, pour donner au Collège de France, à l'Institut Poincaré ou dans d'autres circonstances, des leçons ou des conférences, ou simplement pour retrouver ses amis français. Son élection, le 25 mars 1946, comme correspondant pour notre section de Géométrie fut une de ses grandes joies. Ce sera un honneur pour notre Académie d'avoir reconnu sa valeur et de l'avoir inscrit sur la liste de ses Correspondants.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Au sujet des tirs sur la Lune.* Note de M. JEAN CHAZY.

Le jour n'est peut-être plus éloigné où l'on cherchera à lancer des projectiles sur d'autres astres, au sens de l'artillerie, et d'abord à tirer sur la Lune. Je veux appeler l'attention des techniciens sur certaines circonstances de ce tir, et sur des ordres de grandeur.

1. Nous supposons par approximation que la Terre et la Lune ont la forme de deux sphères, présentant la symétrie sphérique, de centres T et L, de rayons $R = 2 \times 10^9/\pi$ cm et $0,27$ R, de coefficients képlériens, en unités C. G. S., $\mu_T = 982 R^2$ et $\mu_L = \mu_T/81$, et nous prendrons la distance TL égale à la valeur moyenne 60 R. Nous considérons des axes de référence ayant pour origine le centre T de la Terre, ayant des directions stellaires fixes, et dont les deux premiers, Tx et Ty, sont dans le plan de l'écliptique : soit le système d'axes A. Et nous étudions par rapport aux axes A le mouvement d'un projectile, réduit à un point matériel P, et lancé vers la Lune.

Nous prenons comme position de départ du projectile P, à l'instant $t = 0$, un point O situé à la distance $TO = 5R/4$ du centre de la Terre, et au delà duquel la résistance de l'atmosphère terrestre est nulle ; au point O la vitesse d'échap-

pement à l'attraction terrestre, par rapport aux axes A, est très voisine de 10 km/sec. Nous supposons qu'à l'instant initial le projectile P est lancé, par rapport aux axes A, avec une vitesse dirigée suivant le rayon vecteur TO, et égale à $v_0 = 12$ km/sec. Bien entendu, on obtient la vitesse à réaliser par rapport à la Terre, considérée comme un corps solide, en retranchant géométriquement de la vitesse précédente la vitesse de rotation autour de la ligne des pôles terrestres du point lié à la Terre en O, vitesse de rotation au plus égale à 580 m/sec.

Si d'abord on néglige toutes les masses, le projectile a sur le rayon vecteur TO un mouvement uniforme, et, s'il arrive à la surface de la Lune, c'est au temps

$$\left(60 - \frac{5}{4} - 027\right)\frac{R}{12 \times 10^5} = 31023^s,64 = 8^h,62,$$

dans le cas où le centre L vient au même temps sur le rayon vecteur TO, ou à un temps voisin, différant au plus de 143 sec. D'ailleurs le tir a lieu sur objectif mobile : dans son mouvement apparent sur la sphère céleste, rapporté soit à la Terre, soit aux axes A, le centre de la Lune parcourt une longueur égale au diamètre apparent en 141 sec environ.

2. En fait le mouvement du projectile est troublé par les masses des différents astres, parmi lesquels nous considérerons le Soleil, la Lune et la Terre. On sait que, par rapport aux axes A, l'attraction du Soleil n'intervient dans le mouvement étudié que par sa variation à partir du centre de la Terre T : le rapport de cette variation à l'attraction de la Terre est inférieur, à chaque distance du centre T, à une quantité proportionnelle au cube de cette distance Si l'on prend pour le coefficient képlérien du Soleil, et pour la distance du Soleil à la Terre, les valeurs $\mu_S = 333\,432\ \mu_T$ et 15×10^{12} cm, le rapport considéré est, au centre de la Lune, inférieur à la quantité

$$2 \times \left(\frac{60\ R}{15 \times 10^{12}}\right)^3 \times \frac{\mu_S}{\mu_T} \qquad \text{soit environ } \frac{11}{1000};$$

et, si l'on prenait pour la distance TL la valeur maxima 64 R, ce rapport serait inférieur à 13/1000. D'ailleurs les deux limites ne sont sensiblement atteintes que si le tir a lieu au voisinage d'une conjonction ou d'une opposition du Soleil et de la Lune; s'il a lieu au voisinage d'une quadrature, le même rapport peut être de beaucoup inférieur à ces deux limites.

Pour confirmer la petitesse de la perturbation exercée par le Soleil, supposons que le tir ait lieu au voisinage d'une éclipse de Soleil, ou d'une conjonction du Soleil et de la Lune; et, par approximation, supposons que la masse du Soleil agisse seule sur le mouvement du projectile, et soit située et fixe sur le rayon vecteur TO. Le mouvement devient newtonien elliptique rectiligne, et l'on trouve, sur la durée antérieurement calculée de $8^h,62$, une correction inférieure à 1 minute.

On peut calculer de même une valeur approchée de la correction due à la masse de la Lune, en supposant que celle-ci agisse seule sur le mouvement du projectile, et soit située et fixe sur le rayon vecteur TO. Ce mouvement se réduit à un mouvement newtonien rectiligne, qui est ici hyperbolique, et l'on obtient sur la durée antérieure de $8^h,62$ une correction inférieure à 4 minutes.

Il semble que l'on puisse conclure, bien qu'il ne s'agisse pas d'équations linéaires, que, *dans le mouvement du projectile de la Terre à la Lune, l'action des masses du Soleil et de la Lune est extrêmement faible*, et que l'action des masses autres que celles de la Terre, de la Lune et du Soleil est absolument négligeable. Notamment, en tirant sur la Lune au voisinage d'une conjonction du Soleil et de la Lune, dans cette pensée que le Soleil accélérera le mouvement du projectile, plutôt qu'il n'en changera la direction, l'on obtient des facilités de calcul moindres en fait que l'on aurait pu les imaginer d'abord, et qui ne sont pas essentielles.

La perturbation apportée au mouvement du projectile par la masse de la Terre est susceptible d'un calcul approché analogue, où l'on suppose de même que cette masse fixe en T agisse seule sur le mouvement du projectile, qui se réduit encore à un mouvement newtonien rectiligne hyperbolique, que nous appellerons le mouvement R. Mais, avec les données adoptées, la durée obtenue est $14^h,48$, au lieu de $8^h,62$; ainsi *la masse de la Terre exerce sur le mouvement du projectile un retard considérable*.

3. On complète et l'on justifie les approximations qui précèdent, en écrivant les équations différentielles du mouvement du projectile P par rapport aux axes A, soient les équations E. Par rapport à ces axes, soient x, y, z les coordonnées du point P, et soient x_L, y_L, z_L et x_S, y_S, z_S $(=0)$ les coordonnées des centres L et S de la Lune et du Soleil, qui sont connues en fonction du temps par les éphémérides ; sensiblement le point S décrit dans le plan de l'écliptique Txy un arc de circonférence de centre T, de sens direct et d'environ 35′ en 14^h, et le point L décrit dans un plan voisin un arc de circonférence de centre T, de sens direct aussi et d'environ 8° en 14^h. La première des trois équations E est ainsi

$$x'' = -\mu_T \frac{x}{\overline{TP}^3} + \mu_L\left(\frac{x_L - x}{\overline{PL}^3} - \frac{x_L}{\overline{TL}^3}\right) + \mu_S\left(\frac{x_S - x}{\overline{PS}^3} - \frac{x_S}{\overline{TS}^3}\right).$$

En désignant par $\vec{v}$ la vitesse du projectile P par rapport aux axes A, on met l'équation des forces vives correspondant aux équations E sous la forme

$$\frac{v^2}{2} = \frac{v_0^2}{2} + \mu_T\left(\frac{1}{TP} - \frac{1}{TO}\right) + \int_0^t \vec{v}\left[\mu_L\left(\frac{\overrightarrow{PL}}{\overline{PL}^3} - \frac{\overrightarrow{TL}}{\overline{TL}^3}\right) + \mu_S\left(\frac{\overrightarrow{PS}}{\overline{PS}^3} - \frac{\overrightarrow{TS}}{\overline{TS}^3}\right)\right]dt.$$

Le second membre est la somme du terme μ_T/TP, de la constante positive $v_0^2/2 - \mu_T/TO$, la même que dans le mouvement rectiligne R étudié plus haut,

et d'une intégrale où figurent les produits scalaires de la vitesse $\vec{v}$ par deux différences de vecteurs. Le premier produit est positif, *pourvu que la trajectoire* considérée *présente*, de l'origine O à la surface de la Lune, *une certaine régularité*, c'est-à-dire qu'elle soit d'une part assez voisine du rayon vecteur TO, et qu'elle fasse d'autre part avec ce rayon un angle assez petit. Au contraire le second produit scalaire est négatif, si le tir a lieu au voisinage d'une quadrature du Soleil et de la Lune, et positif s'il a lieu au voisinage d'une conjonction ou d'une opposition. Dans les deux cas, la durée du mouvement réel du projectile est très voisine de la durée du mouvement R, soit environ $14^h,48$; dans le second cas, elle est inférieure à cette durée.

Pour démontrer que la trajectoire proposée, ou qu'un faisceau de trajectoires présente la régularité ainsi requise, et d'ailleurs aboutit à la surface de la Lune, on peut partir du mouvement rectiligne R, et développer la solution des équations E suivant les puissances des coefficients μ_L et μ_S, considérés comme des paramètres variables; et encore, tant que la distancee TP est petite relativement, on peut transformer les équations E en prenant comme variable indépendante la variable de Sundman $\int dt/\mathrm{TP}$.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur la fabrication de papier de paille par macération* (¹). Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

On transforme de plus en plus à présent de grandes quantités de paille en pâte à papier en la faisant macérer dans des cuves avec de l'eau de chaux; la masse s'échauffe peu à peu, jusqu'à 40 à 50 degrés et parfois davantage. Lorsque la paille a atteint un certain degré de ramollissement, on l'égoutte et on la passe au moulin. Ce procédé, qui a pour principal objet la fabrication de papier et de carton destinés aux emballages, a pris un grand développement dans cette dernière dizaine d'années, car il n'exige qu'une faible dépense de combustible. Mais il est resté empirique et des cuvées sont parfois entièrement perdues par suite de mauvaises fermentations.

L'étude biochimique de cette industrie, commencée par l'un de nous en collaboration avec Delga, a déjà fait ressortir ce fait important que la transformation de la paille n'est pas sous la dépendance exclusive d'une fermentation, qu'elle correspond, sinon en totalité du moins principalement, à une désacétylation du tissu végétal que l'action hydrolysante de l'eau de chaux suffit à produire. Quant à l'élévation de la température, elle est produite presque entièrement par des fermentations; elle accélère l'action de la chaux, mais elle entraîne une perte notable de rendement, due à la consommation d'une certaine proportion

(¹) Travail du Centre d'Études de la Cellulose et du Bois.

des constituants de la paille par les microbes. On est ici en présence d'un cas particulièrement curieux et intéressant de chauffage industriel d'origine bactérienne (2).

En continuant cette étude, nous avons reconnu que la libération de l'acide acétique engagé dans la paille n'est pas la seule action chimique de la chaux.

La paille renferme, comme tous les tissus lignifiés, des composés méthyliques sous forme d'esters ou d'éthers plus ou moins faciles à hydrolyser avec production de méthanol ou alcool méthylique (3).

Nous avons réussi à déterminer avec une bonne précision de très petites quantités de méthanol (4), ce qui nous a permis de reconnaître et de doser aisément cette substance dans les produits d'action de l'eau de chaux sur la paille.

Nous avons opéré sur une paille de froment, coupée en morceaux de 2^{cm} environ de longueur et dont les nœuds ont été éliminés par triage à la main. Nous avons commencé par déterminer la quantité de méthanol que cette paille pouvait donner par une hydrolyse profonde avec de l'eau de baryte concentrée et bouillante (5). Un échantillon de 2^g, séché à l'air libre mais retenant encore 8,55 % d'humidité éliminable à l'étuve à $+100$-$105°$, a été chauffé à l'ébullition au réfrigérant ascendant bien refroidi, avec 50^{cm^3} d'eau et 5^g d'hydrate de baryum cristallisé. Après 4 heures, durée plus que suffisante pour atteindre le chiffre maximum d'alcool méthylique libérable, on a laissé refroidir afin d'éviter dans la suite des pertes par évaporation; le réfrigérant a été séparé, le tube intérieur lavé avec 10^{cm^3} d'eau qui ont été ajoutés au contenu du ballon, et l'on a distillé avec une petite colonne et un bon petit refrigérant à eau glacée, en recueillant les 35 premiers centimètres cubes. Enfin, sur 1^{cm^3} du distillat rendu homogène par agitation, on a dosé le méthanol selon la méthode améliorée rappelée plus haut.

100^g de cette paille, calculés exempts d'humidité, ont fourni $0^g,12$ de méthanol, soit $1^{cm^3},5$ par kilogramme.

Cette base de comparaison étant obtenue, la paille a été soumise à l'action de l'eau de chaux à la température de $+25°$. Pour cela on a préparé quatre flacons semblables, de 125^{cm^3} de capacité, renfermant chacun 4^g de paille séchée à l'air (et contenant, comme il est indiqué plus haut, 91,45 % de matière sèche) avec 100^{cm^3} d'eau de chaux saturée [à $1^g,672$ de $Ca(OH)^2$ par litre], obtenue à partir de craie de Meudon calcinée au laboratoire. Les flacons, immédiate-

(2) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 805.

(3) G. Bertrand et G. Brooks, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 773; *Ann. Agron.*, 10, 1940, p. 349 ou *Ann. des Ferm.*, 5, 1940, p. 537.

(4) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 365; *Ann. agron.*, 18, 1948, p. 139 ou *Ann. Inst. Past.*, 74, 1948, p. 233.

(5) *Loc. cit.* en (3).

ment bouchés, ont été placés dans une chambre thermostat réglée à + 25°. On les a agités à plusieurs reprises durant les premières heures, puis trois ou quatre fois par jour dans la suite. Il a manifestement fallu plusieurs jours pour que la paille soit complètement imprégnée. Après 4, 6, 8 et 10 jours de contact de la paille avec l'eau de chaux, on a pris un des flacons pour l'analyser. Le liquide a été séparé à travers une plaque de verre fritté à gros intervalles et la partie solide lavée, en plusieurs fois, avec assez d'eau pour avoir en définitive 120$^{cm^3}$ de liquide de macération, contenant la totalité du méthanol libéré par l'action de la chaux.

Le dosage de ce méthanol a été fait exactement de la même manière que dans le liquide d'hydrolyse de la paille par la baryte concentrée et bouillante : on a prélevé 60$^{cm^3}$ du liquide dont on a fractionné par distillation à la colonne les 35 premiers centimètres cubes et sur un centimètre cube on a procédé à la détermination quantitative du méthanol. Les déviations de l'électrophotomètre, ramenées par le calcul au poids de la paille séchée à l'étuve, ont conduit aux chiffres suivants :

Durée du contact avec la chaux en jours.	Méthanol pour 100 de matière sèche en grammes.
4	0,04
6	0,07
8	0,07
10	0,07

soit 58,3 % du méthanol préformé dans les tissus de la paille et libérable par une forte hydrolyse alcaline.

Nous avons répété cette expérience en remplaçant la chaux par des quantités équivalentes par rapport à ClH (soit N/22,6) de soude et d'ammoniaque. Nous avons alors obtenu :

Durée du contact avec la solution alcaline en jours.	Méthanol libéré (g.)	
	par la soude.	par l'ammoniaque.
4	0,06	0,06
10	0,07	0,07

Ces chiffres, comparés aux précédents, signifient que l'hydrolyse a été un peu plus rapide, mais a conduit au même résultat final. La différence de vitesse constatée est due sans doute à une plus facile pénétrabilité de la paille par la soude et l'ammoniaque que par le réactif alcalino-terreux.

DÉSIGNATIONS.

M. le Président de la **Royal Institution of Great Britain** invite l'Académie à se faire représenter à la Cérémonie qui aura lieu à Londres, le 4 mars 1949, à l'occasion du Cent-cinquantième anniversaire de la fondation de cette Institution.

M. **Gaston Julia** est désigné.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la Chaire de Technique aéronautique du Conservatoire National des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Henry Girerd* obtient 28 suffrages, contre 20 à M. *Maurice Giqueaux*; il y a un bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Maurice Giqueaux* obtient 35 suffrages; il y a 8 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.............. M. **Henry Girerd**.
En seconde ligne............... M. **Maurice Giqueaux**.

Dans la formation d'une liste de deux candidats au poste de Directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, pour la première ligne, M. *Maurice Bellier* obtient 39 suffrages, contre 6 à M. *Jacques Gosselin*.

Pour la seconde ligne, M. *Maurice Fallot* obtient 24 suffrages, contre 16 à M. *Jacques Gosselin*.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Maurice Bellier**.
En seconde ligne................ M. **Maurice Fallot**.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1949, ouvert en la séance du 31 janvier, est clos en celle du 7 février.

44 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Carrière, Victor Thébault, Leonard Eugene Dickson.* — MM. J. Hadamard, Ém. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

II. Mécanique : *Prix Montyon, Boileau, Henri de Parville, Pierson-Perrin.* — MM. Ém. Borel, J. Drach, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin.

III. Astronomie : *Prix Benjamin Valz, Jules-César Janssen, fondation Frédéric Forthuny.* — MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux.* — MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

V. Navigation : *Prix Plumey.* — MM. Ém. Borel, M. de Broglie, J. Drach, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers.

VI. Physique : *Prix Gaston Planté, François Hébert, Henri de Parville, Hughes, fondations Clément Félix, Fernand Holweck.* — MM. A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, N....

VII. Chimie : *Prix Montyon des Arts insalubres, Jecker, fondation Cahours, prix Paul Marguerite de la Charlonie, Émile Jungfleisch, fondations Charles-Adam Girard, Jean-Baptiste Dumas.* — MM. G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, fondation Edmond Hébert, prix Victor Raulin, André-C. Bonnet, Carrière.* — MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Margerie, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

IX. Physique du globe : *Prix Léon Grelaud.* — MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, Em. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

X. Botanique : *Prix Montagne, de La Fons Mélicocq, Jean de Rufz de Lavison, Carrière.* — MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, J. Magrou, R. Heim, R. Combes.

XI. Économie rurale : *Prix Nicolas Zvorikine.* — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, Ém. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon.

XII. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny, prix Pouchard.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, A. Chevalier, Ém. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier, P. Grassé.

XIII. ANTHROPOLOGIE : *Prix André-C. Bonnet.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Blaringhem, L. Lapicque, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Fage, R. Courrier.

XIV. MÉDECINE ET CHIRURGIE : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Bellion, baron Larrey, Argut, Jean Dagnan-Bouveret.* — MM. Em. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

XV. CANCER ET TUBERCULOSE : *Prix Bariot-Faynot, fondation Roy-Vaucouloux, prix Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis, fondation Henriette Régnier.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, E. Sergent, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, Ch. Laubry.

XVI. PHYSIOLOGIE : *Prix Montyon, Fanny Emden.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

XVII. STATISTIQUE : *Prix Montyon.* — MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, J. Drach, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

XVIII. HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES : *Prix Binoux.* — MM. Ém. Borel, M. Caullery, M. Delépine, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez, J. Chazy, P. Montel, R. Courrier.

XIX. OUVRAGES DE SCIENCES : *Prix Henri de Parville.* — MM. Ch. Jacob, G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier et trois membres élus : MM. Ém. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

XX. *Médailles Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. Ch. Jacob, G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier.

XXI. *Prix d'Aumale, Gustave Roux, fondations Trémont, Gegner, Hirn, Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, fonds des Laboratoires, fondations Giffard, Lannelongue, Barbier-Muret, Cassé-Fleury, Gibou, Alexandre Darracq, Girbal-Baral, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau.* — MM. Ch. Jacob, G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier; Ém. Borel, G. Bertrand.

XXII. *Prix fondé par l'État* (GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES). — MM. M. Caullery, L. Blaringhem, R. Fosse, Ch. Pérez, A. Chevalier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

XXIII. *Prix Bordin* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. Ém. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel,

XXIV. *Prix Lallemand.* — MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, L. Binet, R. Courrier, R. Leriche.

XXV. *Prix Petit d'Ormoy* (SCIENCES MATHÉMATIQUES). — MM. Ém. Borel, J. Drach, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, J. Pérès.

XXVI. *Prix Jean-Jacques Berger.* — MM. H. Vincent, G. Bertrand,

M. Caullery, Ch. Maurain, L. de Broglie, A. Caquot, Ch. Pérez, P. Montel, R. Courrier.

XXVII. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, A. Cotton, Ch. Maurain, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXVIII. *Prix Jules Mahyer* (Sciences mathématiques). — MM. Ém. Borel, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

XXIX. *Prix Lonchampt.* — MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

XXX. *Prix Henry Wilde.* — MM. Ém. Borel, G. Bertrand, A. Cotton, E. Esclangon, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes.

XXXI. *Prix Général Muteau* (Sciences physiques). — MM. H. Vincent, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier, R. Courrier.

XXXII. *Prix Alexandre Darracq.* — MM. M. Delépine, L. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, R. Esnault-Pelterie, É-G. Barrillon, J. Pérès, R. Courrier, L. Hackspill.

XXXIII. *Prix Laura Mounier de Saridakis.* — MM. H. Vincent, G. Bertrand, L. de Broglie, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

XXXIV. *Prix Marie-Guido Triossi* (Sciences physiques). — MM. M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, A. Chevalier, L. Binet, A. Portevin, R. Souèges, R. Courrier.

XXXV. *Fondation Aimé Berthé* (Sciences physiques). — MM. H. Vincent, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

XXXVI. *Fondation Le Chatelier.* — MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, A. Portevin, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, N....

XXXVII *Prix Ernest Dechelle.* — MM. L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Denjoy ,A. Pérard, J. Cabannes.

PLIS CACHETÉS.

M. Jean Cambiès demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 8 mars 1948 et enregistré sous le n° 12407.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Nouvelle méthode de traitement de la Lambliase et de l'Amibiase.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. **Paul Bloch-Dassault**, prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Louis Lumière*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Vernet. *La sensibilité organique*.

2° Albert Vandel. *L'Homme et l'évolution*.

3° *Biochimica et biophysica acta*. Volume I. Revue internationale éditée par MM. W.T. Astbury, A. Braunstein, C. F. Cori, Claude Fromageot, K. Linderstrøm-Lang, H. G. K. Westenbrink, R. W. G. Wyckoff.

4° *The nuffield provincial Hospitals Trust. A Report on the Purpose and Activities of Trust* 1939-1948.

ALGÈBRE. — *Sur la cohomologie relative des algèbres de Lie.* Note (*) de M. **Jean-Louis Koszul**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure dont nous conservons les notations ([1]).

1° Soient $\mathfrak{b}$ une sous-algèbre de l'algèbre de Lie $\mathfrak{a}$ et φ l'isomorphisme identique de $\mathfrak{b}$ dans $\mathfrak{a}$. Soient N^0 l'idéal des zéros de la représentation ${}^t\tilde{\pi} : H(\mathfrak{a}; \mathfrak{b}) \to H(\mathfrak{a})$ et $N^1 \subset N^0$ l'idéal de $H(\mathfrak{a}; \mathfrak{b})$ constitué par les classes de cohomologie des cocycles de L qui sont dans $\delta.\mathcal{B}^1$.

Théorème B. — *Si l'homomorphisme* φ *est réductif, il existe une application linéaire naturelle* ρ, *de degré un, du sous-espace* Q *des éléments primitifs de* $H(\mathfrak{b})$ *dans* N^0/N^1 *dont les zéros sont les éléments de* Q *contenus dans* ${}^t\tilde{\varphi}.H(\mathfrak{a})$.

La démonstration consiste à prouver que, si $\tilde{b}$ est dans Q, il existe une cochaîne a de $\mathfrak{a}$ vérifiant les conditions : 1° a est invariante par $\mathfrak{b}$; 2° le cocycle ${}^t\varphi.a$ de $\mathfrak{b}$ est dans la classe de cohomologie de $\tilde{b}$; 3° $\delta.a \in L$. Pour cela, on montre d'abord en utilisant le caractère réductif de φ, qu'il existe une cochaîne a' de $\mathfrak{a}$ vérifiant les conditions 1° et 2° et telle que $\iota(\varphi.v).a' \in \wedge^0(\mathfrak{a}')$ pour tout cycle invariant v de degré > 0. Il résulte alors du lemme de la Note précédente ([1]) que $\delta.a'$ est dans le sous-espace S des cochaînes c de $\mathfrak{a}$ invariantes par $\mathfrak{b}$ et telles que $\iota(\varphi.v).c = 0$ pour tout cycle invariant v de degré > 0. On a ${}^t\varphi.S \subset \wedge^0(\mathfrak{b}')$ et $L \subset S$; de plus, on démontre que *tout cocycle dans* S *est dans* $L + \delta.S$. Il en résulte que l'on peut ajouter à a' une cochaîne $a'' \in S$ telle que

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 288.

$a = a' + a''$ vérifie les conditions 1°, 2° et 3°. L'application linéaire ρ dont le théorème B affirme l'existence s'obtient alors en associant à $b^{\sim}$ la classe de cohomologie de $\partial . a$ dans $H(\mathfrak{a}, \mathfrak{b})$; elle est bien déterminée modulo-N^1 et appartient évidemment à N^0. On constate que si $\rho . b^{\sim} = 0$, c'est que l'on peut choisir pour a un *cocycle* de $\mathfrak{a}$, donc que $b^{\sim} \in {}^t\tilde{\varphi} . H(\mathfrak{a})$. La réciproque utilise encore le caractère réductif de φ.

2° L'application linéaire ρ est étroitement liée aux notions introduites par M. J. Leray dans sa théorie de l'anneau d'homologie d'une représentation ([2]). Désignons par $\mathcal{B}^p$ l'idéal de $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ engendré par les éléments de R dont le degré est $\leq p$. Ces idéaux définissent dans $\bigwedge(\mathfrak{a}')$ une structure d'algèbre différentielle filtrée ([3]) à laquelle correspond une suite d'algèbres différentielles graduées $\mathcal{E}_r$ (r entier). Il existe pour chaque valeur > 0 de r un isomorphisme naturel φ_r de $\mathcal{E}_r^0$ dans $H(\mathfrak{b})$ et l'on a

$$H(\mathfrak{b}) = \varphi_1 . \mathcal{E}_1^0 \supset \ldots \varphi_r . \mathcal{E}_r^0 \supset \varphi_{r+1} . \mathcal{E}_{r+1}^0 \supset \ldots \supset {}^t\tilde{\varphi} . H(\mathfrak{a}).$$

La démonstration du théorème B prouve que, si φ est réductif, une condition nécessaire et suffisante pour qu'un élément primitif de $H(\mathfrak{b})$ soit dans l'image de φ_r, est que ses composantes de degré $< r - 1$ soient dans l'image de ${}^t\tilde{\varphi}$. On en déduit le

THÉORÈME C. — *Si l'isomorphisme identique de* $\mathfrak{b}$ *dans* $\mathfrak{a}$ *est réductif et s'il existe dans* $H(\mathfrak{b})$ *des éléments primitifs de degré* p *étrangers à l'image de* $H(\mathfrak{a})$, *alors l'opérateur différentiel de l'algèbre* $\mathcal{E}_{p+1}$ *n'est pas nul et applique en particulier* $\mathcal{E}_{p+1}^0$ *sur un sous-espace de* $\mathcal{E}_{p+1}^{p+1}$ *différent de zéro.*

3° THÉORÈME D. — *Soit* $\mathfrak{a}$ *une algèbre de Lie réductive sur un corps de caractéristique* 0, *et soit* $\mathfrak{b}$ *une sous-algèbre de* $\mathfrak{a}$ *telle que l'isomorphisme identique* φ *de* $\mathfrak{b}$ *dans* $\mathfrak{a}$ *soit réductif. S'il existe* l *éléments primitifs de degré* p *dans* $H(\mathfrak{b})$ *linéairement indépendants modulo* ${}^t\tilde{\varphi} H(\mathfrak{a})$, *alors toute base minimale de générateurs homogènes de l'algèbre* $H(\mathfrak{a}; \mathfrak{b})$ *contient au moins* l *éléments de degré* $p + 1$ *qui peuvent être choisis dans l'idéal des zéros de* ${}^t\tilde{\pi}$. La démonstration utilise le théorème A de la Note citée ([1]) dont on déduit que si un élément de degré q de l'idéal N^0 est dans la sous-algèbre de $H(\mathfrak{a}; \mathfrak{b})$ engendrée par des éléments de degré inférieur à q, il appartient à l'idéal engendré par les éléments de N^0 de degré $< q$; il est donc dans N^1. Si donc E est le sous-espace engendré par une base minimale de l'algèbre $H(\mathfrak{a}; \mathfrak{b})$, on a $N^0 \subset E + N^1$. En vertu du théorème B, ceci prouve le théorème D. Remarquons qu'avec les hypothèses faites, la sous-algèbre $\mathfrak{b}$ est réductive et ses éléments primitifs homogènes sont donc de degré *impair*. Le théorème D affirme donc l'*existence de générateurs de degré pair* dans $H(\mathfrak{a}; \mathfrak{b})$.

4° Le théorème D appliqué au cas où $\mathfrak{a}$ est l'algèbre de Lie d'un groupe

---

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1419.
([3]) *Cf.* H. CARTAN, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 148-150.

compact G et où $\mathfrak{h}$ est la sous-algèbre définie par un sous-groupe fermé U *homologue à zéro* donne des relations entre les anneaux de cohomologie à coefficients réels des espaces G, U, G/U (espace homogène) et les représentations canoniques existant entre eux. Dans ce cadre, l'application linéaire ρ se rattache à l'*isomorphisme caractéristique* introduit par M. Hirsch ([4]) pour des espaces fibrés généraux. Les espaces homogènes dont la cohomologie a été étudiée par MM. Ehresmann, Samelson (cas des sphères de dimension paire) et Leray donnent des illustrations du théorème D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une solution nouvelle de l'équation de la chaleur à $n+1$ variables.* Note (*) de M. **Jean Nordon**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'équation de la chaleur associée à l'espace de Riemann d'élément linéaire $ds^2 = g_{ij}\,dx^i\,dx^j$ ($i, j = 1, \ldots, n$) est

$$(1)\qquad \Delta_2 u \equiv g^{ij}(\partial_{ij} u - \Gamma_{ij}^k \partial_k u) = \frac{\partial u}{\partial t}.$$

Généralisant une méthode de G. Ribaud ([1]), nous chercherons des solutions particulières de la forme

$$u = \varphi(t) f(z), \qquad z = \frac{\rho(x^1, \ldots, x^n)}{\psi(t)}.$$

L'équation (1) devient

$$(2)\qquad f''(z) + \left(\frac{\Delta_2 \rho}{\Delta_1 \rho}\psi + \frac{\psi\psi'}{\Delta_1 \rho} z\right) f'(z) - \frac{\varphi'}{\varphi}\frac{\psi^2}{\Delta_1 \rho} f(z) = 0.$$

La méthode réussirait pour tout espace pour lequel il existe quatre constantes a, b, λ, μ telles que le système

$$\Delta_1 \rho = \lambda \rho^a, \qquad \Delta_2 \rho = \mu \rho^b$$

admette une solution. C'est le cas pour l'espace euclidien quelle que soit sa *signature*, ρ est seulement fonction de la distance géodésique r. On peut prendre

$$4\rho = r^2, \qquad \psi = t, \qquad \varphi = t^{k - \frac{n}{4}}$$

et l'équation (2) devient l'équation différentielle

$$z f''(z) + \left(z + \frac{n}{2}\right) f'(z) + \left(\frac{n}{4} - k\right) f = 0$$

qui s'intègre à l'aide de fonctions $W_{k,m}$ de Wittaker.

([4]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1328-1330.

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 140; J. Nordon, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 167.

On trouve ainsi pour (1) les deux solutions dépendant du paramètre arbitraire k

$$u_1(x,t) = r^{-\frac{n}{2}} t^k e^{-\frac{r^2}{8t}} W_{k, \frac{n-2}{4}}\left(-\frac{r^2}{4t}\right),$$

$$u_2(x,t) = r^{-\frac{n}{2}} t^k e^{-\frac{r^2}{8t}} W_{-k, \frac{n-2}{4}}\left(\frac{r^2}{4t}\right).$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions continues périodiques.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les résultats indiqués dans cette Note sont obtenus à partir de résultats antérieurs ou en utilisant la méthode qui nous a déjà servi [1].

1. *Une condition nécessaire et suffisante pour que* $|\sigma_n - F| = O(1/n)$ *uniformément en* x, *est que* $\tilde{F}$ *satisfasse à une condition de Lipschitz d'ordre* 1.

On en déduit que *la condition nécessaire et suffisante pour que* $\tilde{F}$ *satisfasse uniformément à une condition de Lipschitz d'ordre* 1 *est que*

$$\int_\varepsilon^{+\infty} \frac{F(x+t)+F(x-t)-2F(x)}{t^2}\,dt$$

soit uniformément bornée en ε *et* x et si $F'(x)$ existe et est continue,

$$F'(x) = \lim_{\varepsilon=0} \frac{1}{\pi} \int_\varepsilon \frac{2\tilde{F}(x)-\tilde{F}(x+t)-\tilde{F}(x-t)}{t^2}\,dt.$$

2. J_n désignant la somme de Jackson d'ordre $2n-1$, *la condition nécessaire et suffisante pour que* $|J_n - f| = O(1/n^2)$ *est que* F *possède une dérivée* F' *satisfaisant à une condition de Lipschitz d'ordre* 1.

Si $E_n(F) = O(1/n^2)$, l'approximation de F par J_n est donnée par l'égalité suivante

$$J_n - f = \frac{9}{2\pi n^3} \int_{\frac{\pi}{n}}^{+\infty} \frac{F(x+t)+F(x-t)-2F(x)}{t^4}\,dt + O\left(\frac{1}{n^2}\right).$$

Donc *la condition nécessaire et suffisante pour que* $F(x)$ *possède une dérivée* $F'(x)$ *satisfaisant uniformément à une condition de Lipschitz d'ordre* 1 *est que* $\varepsilon \int_\varepsilon^{+\infty} \frac{F(x+t)+F(x-t)-2F(x)}{t^4}\,dt$ *soit uniformément borné en* ε *et* x.

3. Si $F \in \mathrm{Lip}\,1$, $|\sigma'_n| = O(1)$ uniformément en n et x. La réciproque est évidente.

Si $E_n(F) = O(1/n)$, $|\sigma''_n| = O(n)$.

On en déduit que *si* $0 < \alpha \leq 1$, *la condition nécessaire et suffisante pour que*

---

[1] *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1066; **227**, 1948, p. 463 et 1011.

$|S_n - f| = O(1/n^\alpha)$ *est que* $|S''_n| = O(n^{2-\alpha})$ *et que si* r *est* > 0, *l'hypothèse* $|S_n - f| = O(1/n^r)$ *entraîne* $|S^*_n - f^*| = O(1/n^r)$.

4. *Dérivées d'ordre* α $(0 < \alpha < 1)$. — $F(x)$ *ayant pour période* 1, *pour valeur moyenne* 0 *et satisfaisant uniformément à une condition de Lipschitz d'ordre* α, *pour que la primitive de* F *d'ordre* $1-\alpha$: $F_{1-\alpha}$ *satisfasse uniformément à une condition de Lipschitz d'ordre* 1, *il faut et il suffit que*

$$\int_{t=\varepsilon}^{+\infty}\int_{u=0}^{+\infty}\frac{F^*(x+t-u)+F^*(x-t-u)-2F^*(x-u)}{t^2 u^\alpha}\,du\,dt$$

soit uniformément borné en ε *et* x.

5. *Majoration des coefficients de Fourier.* — $E_n = E_n(F)$ désignant la meilleure approximation trigonométrique de F, continue, de période 2π et P_n un polynome trigonométrique d'ordre n tel que $|P_n - F| = O(E_n)$, $|a_n|$ et $|b_n|$ sont moindres que

$$\lambda_p E_n + \mu_p \frac{\max|P_n^{(2p+2)}|}{n^{2p+2}},$$

où p est entier > 0 et λ_p et μ_p des constantes dépendant de p seulement. On obtient les résultats classiques en utilisant les majorations que nous avons indiquées des dérivées des polynomes P_n.

6. *Si* F *est continue et si en tout point d'un résiduel* R, F^* *existe, alors en tout point d'un résiduel* R' *une suite* $S^*_{n_k}$ *converge vers* F^*.

7. *a. Lorsque la série de Fourier de* F *converge uniformément, la condition nécessaire et suffisante pour que la série conjuguée converge uniformément est que* $\int_\varepsilon^{\frac{\pi}{2}}[F(x+2t)-F(x-2t)]\operatorname{cotg} t\,dt$ *ait une limite pour* $\varepsilon = 0$ *et que* $\int_0^\varepsilon \frac{F(x+u)-F(x-u)}{u}du$, *tende uniformément vers zéro avec* ε.

b. Pour que F^* *soit continue sur* (α, β), *lorsque* F *est continue, il faut et il suffit que sur* (α, β), $\int_0^\varepsilon \frac{F(x+u)-F(x-u)}{u}du$ *tende uniformément vers zéro avec* ε.

c. On en déduit le théorème de localisation :

Si la série de Fourier de F *converge uniformément sur* $(0, 2\pi)$ *et si* F^* *est continue sur* (α, β), *la série conjuguée converge uniformément vers* F^* *sur* (α, β).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les surfaces admettant deux formes linéaires données comme éléments d'arc de leurs lignes de courbure.* Note de Mlle **Simone Lemoine**, présentée par M. Élie Cartan.

Désignons par ϖ_i et ϖ_{ij} les composantes relatives du déplacement infinitésimal du trièdre de Darboux; les formes ϖ_{ij} s'expriment en fonction des ϖ_i

par les formules

(1) $$\varpi_{12} = r\varpi_1 - s\varpi_2, \qquad \varpi_{13} = a\varpi_1, \qquad \varpi_{23} = c\varpi_2,$$

où a et c sont les courbures principales, r et $-s$ les courbures géodésiques des lignes de courbure; r et s sont aussi les invariants simultanés de ϖ_1 et ϖ_2 comme l'indiquent les formules

$$d\varpi_1 = r[\varpi_1\varpi_2], \qquad d\varpi_2 = s[\varpi_2\varpi_1].$$

L'équation de Gauss se réduit à $ac = K$ et la valeur de la courbure totale K est obtenue par différentiation extérieure de la première des équations (1) et application des équations de structure (¹) de M. Élie Cartan

$$K = s_1 + r_2 - r^2 - s^2,$$

où les indices 1 et 2 indiquent les dérivations pfaffiennes par rapport à ϖ_1 et ϖ_2 respectivement. Les équations de Codazzi s'obtiennent de même à partir des deux dernières équations (1) et s'écrivent

(2) $$a_2 = r(a-c), \qquad c_1 = s(c-a).$$

Nous allons remplacer les équations de Codazzi et de Gauss par une équation aux différentielles totales. En calculant les dérivées pfaffiennes de $K = ac$ et en tenant compte des valeurs de a_2 et c_1 données par (2), nous obtenons

(3) $$a_1 = a\left(\frac{K_1}{K} - s\right) + s\frac{a^3}{K}, \qquad c_2 = c\left(\frac{K_2}{K} - r\right) + r\frac{c^3}{K}.$$

Cette résolution suppose $K \neq 0$. Moyennant cette restriction, les équations (2) et (3) nous permettent de former deux équations aux différentielles totales,

$$da = a_1\varpi_1 + a_2\varpi_2, \qquad dc = c_1\varpi_1 + c_2\varpi_2.$$

Chacune de ces deux dernières équations est équivalente aux deux équations de Codazzi, compte tenu de l'équation de Gauss. Nous ne conserverons donc que la première

(4) $$da = a_1\varpi_1 + a_2\varpi_2.$$

da étant une différentielle exacte, sa différentielle extérieure est nulle, d'où la condition

(5) $$a_{21} - a_{12} + ra_1 - sa_2 = 0;$$

a_{21} et a_{12} se calculent par dérivation de a_2 et a_1 et, compte tenu de (2) et (3), leurs expressions ne contiennent, comme inconnues, que a et c, de sorte que (5) est une équation finie par rapport à a et c. Elle s'écrit

$$a^2\xi + c^2\eta = \zeta,$$

(¹) *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945, p. 122.

en posant

$$\xi = \left(\frac{s}{K}\right)_2 + \frac{rs}{K}, \qquad \eta = \left(\frac{r}{K}\right)_1 + \frac{rs}{K},$$
$$\zeta = r_1 + s_2 + 2rs + r(\log K)_1 - (\log K)_{12}.$$

La dissymétrie de ζ n'est qu'apparente, car les deux quantités $(\log K)_{12} - r(\log K)_1$ et $(\log K)_{21} - s(\log K)_2$, qui sont les dérivées directionnelles modifiées de M. W. C. Graustein (²), sont égales. D'après les formules précédentes, ξ, η, ζ se calculent à partir de ϖ_1, ϖ_2.

En définitive, nous avons, pour déterminer a et c, le système suivant

$$(6) \qquad \begin{cases} ac = K, \\ a^2\xi + c^2\eta = \zeta; \end{cases}$$

d'autre part, ϖ_1 et ϖ_2 étant les éléments d'arc des lignes de courbure, a et c les courbures principales d'une surface, les deux formes fondamentales de cette surface sont

$$ds^2 = \varpi_1^2 + \varpi_2^2, \qquad \Phi = a\varpi_1^2 + c\varpi_2^2,$$

et nous savons que les deux formes quadratiques, ds^2 et Φ, déterminent la surface à un déplacement ou une symétrie près.

En résolvant le système (6), nous obtenons en général deux couples de valeurs a et c, au signe près, le changement de signe indiquant une symétrie possible par rapport à un plan. Ces deux couples de valeurs sont les seules solutions possibles des équations de Codazzi, mais ce sont des solutions singulières; il reste donc à vérifier s'ils sont effectivement solutions et nous arrivons à la conclusion suivante :

Soient ϖ_1 et ϖ_2 deux formes linéaires indépendantes à deux variables, si la courbure totale K et l'une au moins des quantités ξ, η associées à ces deux formes ne sont pas identiquement nulles, il existe au plus deux surfaces essentiellement distinctes admettant ϖ_1 et ϖ_2 comme éléments d'arc de leurs lignes de courbure.

Ce résultat coïncide avec la proposition énoncée par M. Élie Cartan au problème VII, Chapitre VII de l'Ouvrage précédemment cité.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Étude de la stabilité d'un système linéaire à partir du diagramme de phase généralisé.* Note (*) de MM. **Marcel Demontvignier** et **Paul Lefèvre**, présentée par M. Georges Darrieus.

L'application du Critérium de Nyquist généralisé, tel qu'il a été énoncé précédemment (¹) a conduit au tracé de la caractéristique fréquentielle $R(j\omega)$

(²) *Bulletin of the American mathematical Society*, 36, 1930.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 360.

sous forme de diagramme polaire dans le plan complexe. Dans le cas le plus général, il est nécessaire de tenir compte des cercles à l'infini provenant, soit des pôles, soit du quadrant à l'infini du contour Γ; aucun de ces éléments n'apparaît sur le diagramme polaire et des erreurs sont possibles de ce fait. Aussi préfère-t-on le plus souvent décomposer le diagramme polaire en deux diagrammes cartésiens : un *diagramme d'amplitude* donnant les modules de $R(j\omega)$ en fonction de ω, et un *diagramme de phase* donnant les arguments de $R(j\omega)$ en fonction de ω.

Nous allons montrer qu'on peut étudier la stabilité d'un système à partir du seul diagramme de phase et de quelques points du diagramme d'amplitude. Généralisons d'abord le diagramme de phase en y figurant l'ensemble des variations de celle-ci, lorsque p décrit la totalité du demi-contour d'exclusion Γ comprenant l'axe imaginaire positif et le quadrant à l'infini positif. A un pôle d'ordre μ' au point $j\omega_0$, correspond pour l'abscisse ω_0 du diagramme de phase une discontinuité de cette dernière égale à $-\mu'\pi$. En l'absence de pôle à l'origine, le point de départ du diagramme sera à l'ordonnée o ou π selon que $R(0)$ est positif ou négatif. S'il y a un pôle à l'origine, nous ferons décrire à Γ un quart de cercle allant de $(+\varepsilon, 0)$ à $(0, j\varepsilon)$, ε étant infiniment petit réel. En convenant que cette variation se rapporte à $\omega = 0$, l'ordonnée du diagramme partira de o ou π selon le signe de $R(\varepsilon)$ et éprouvera aussitôt la discontinuité $-\mu\pi/2$; μ étant l'ordre du pôle à l'origine.

Nous rapporterons de même à $\omega = +\infty$, les variations de phase correspondant au parcours du quadrant à l'infini de Γ. Avant le point d'arrivée du diagramme la phase éprouve une discontinuité valant $-(r-s)\times(\pi/2)$; $r-s$ étant pris avec son signe. Nous avons obtenu les règles d'exploitation du diagramme de phase généralisé en étudiant systématiquement les diverses circonstances dans lesquelles le diagramme polaire peut décrire un demi-tour autour du point $(+\Lambda, O)$, en partant d'un point de l'axe réel pour aboutir à un autre point de cet axe.

Pour chacune des configurations étudiées du diagramme polaire, on obtient immédiatement l'allure correspondante du diagramme de phase généralisé. La figure 3 donne les 8 configurations possibles du diagramme de phase, susceptibles de faire varier le nombre $N - P$. Pour chacun des arcs de courbe, seuls comptent les points de départ et d'arrivée qui se trouvent obligatoirement sur les droites d'ordonnées $2k\pi$, $(2k+1)\pi$ et $(2k+2)\pi$; la forme même de l'arc, sa pente en particulier, n'ont aucune importance. A la figure 1 se trouve annexé le tableau I donnant les conditions auxquelles les configurations précédentes conduisent effectivement à une variation du nombre $N - P$. Les indices 1 et 2 désignent les points extrêmes du segment de diagramme considéré et correspondent à des pulsations ω_1 et ω_2 telles que $\omega_1 < \omega_2$. Le symbole ρ_i représente le module de $R(j\omega)$ pour $\omega = \omega_i$.

L'emploi de la figure et du tableau I permet d'obtenir aisément N — P à partir d'un diagramme de phase généralisé quelconque; on partage celui-ci en segments du type de I à VIII et pour chacun d'eux on note les points dont les modules interviennent dans les conditions de variation. Ces points sont d'or-

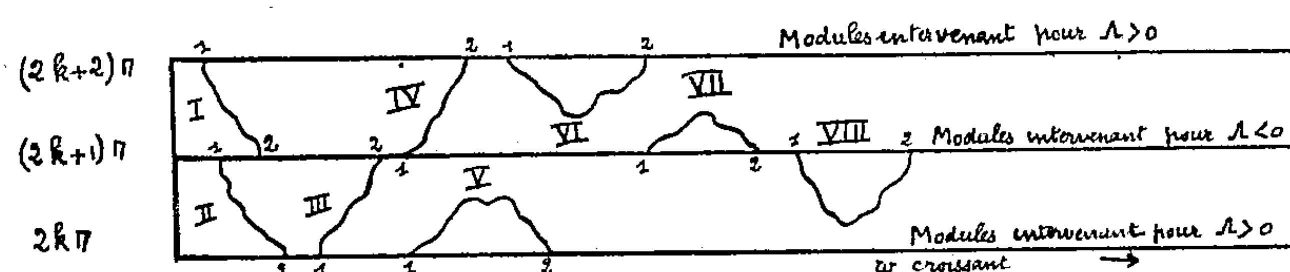


TABLEAU I

Λ > 0			Λ < 0		
Configurations	Relations entre modules et Λ	Variations de N − P	Configurations	Relations entre modules et |Λ|	Variations de N − P
I	ρ_2 quelconque $\rho_1 > \Lambda$ $\rho_1 < \Lambda$	+1 0	I	ρ_1 quelconque $\rho_2 > \lvert\Lambda\rvert$ $\rho_2 < \lvert\Lambda\rvert$	+1 0
II	ρ_1 quelconque $\rho_2 > \Lambda$ $\rho_2 < \Lambda$	+1 0	II	ρ_2 quelconque $\rho_1 > \lvert\Lambda\rvert$ $\rho_1 < \lvert\Lambda\rvert$	+1 0
III	ρ_2 quelconque $\rho_1 > \Lambda$ $\rho_1 < \Lambda$	−1 0	III	ρ_1 quelconque $\rho_2 > \lvert\Lambda\rvert$ $\rho_2 < \lvert\Lambda\rvert$	−1 0
IV	ρ_1 quelconque $\rho_2 > \Lambda$ $\rho_2 < \Lambda$	−1 0	IV	ρ_2 quelconque $\rho_1 > \lvert\Lambda\rvert$ $\rho_1 < \lvert\Lambda\rvert$	−1 0
V	$\rho_1 < \Lambda < \rho_2$ $\rho_2 < \Lambda < \rho_1$ Λ extérieur à l'intervalle (ρ_1, ρ_2)	+1 +1 0	VII	$\rho_1 < \lvert\Lambda\rvert < \rho_2$ $\rho_2 < \lvert\Lambda\rvert < \rho_1$ Λ extérieur à l'intervalle (ρ_1, ρ_2)	+1 −1 0
VI	$\rho_1 < \Lambda < \rho_2$ $\rho_2 < \Lambda < \rho_1$ Λ extérieur à l'intervalle (ρ_1, ρ_2)	−1 +1 0	VIII	$\rho_1 < \lvert\Lambda\rvert < \rho_2$ $\rho_2 < \lvert\Lambda\rvert < \rho_1$ Λ extérieur à l'intervalle (ρ_1, ρ_2)	−1 +1 0

données $2k\pi$ et $(2k+2)\pi$ pour $\Lambda > 0$ et d'ordonnée $(2k+1)\pi$ pour $\Lambda < 0$. En possession de ces quelques points utiles du *diagramme d'amplitude* il suffit d'appliquer à chaque segment du diagramme de phase généralisé les conditions du tableau I. On obtient ainsi par simple totalisation des variations la différence N — P entre le nombre des solutions instables et celui des pôles présents dans le demi-plan réel.

La recherche du nombre de pôles précédent revient à celle des solutions instables du polynome $R_s(p)$ dénominateur de $R(p)$. On peut utiliser la méthode ci-dessus qui donne alors directement le nombre P.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la Mécanique ondulatoire de l'électron.* Note de M. **Florent Bureau**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1° Pour expliquer les expériences de diffraction, on est conduit à attribuer aux électrons, le caractère de phénomènes se propageant par ondes. Nous nous sommes proposé, en utilisant cette hypothèse, de rechercher les équations permettant de représenter le comportement des électrons. Nous éviterons systématiquement toute méthode symbolique utilisant des analogies avec la Mécanique analytique et nous ne considérerons que des quantités réelles.

Désignons par x, y, z, t (ou x^1, x^2, x^3, x^4) des variables indépendantes.

Nous admettrons que le phénomène étudié peut être représenté par un vecteur $\vec{u}=(u_1, \ldots, u_n)$ à n composantes vérifiant un système de n équations aux dérivées partielles. Ce vecteur $\vec{u}$ est supposé déterminé pour chaque valeur de t lorsqu'il est connu pour une valeur particulière t_0 d'ailleurs quelconque, si bien que $\vec{u}$ vérifie un système d'équations du premier ordre en $\partial u_1/\partial t, \ldots, \partial u_n/\partial t$; nous supposerons ce système normal par rapport à t, linéaire en les dérivées $\partial u_k/\partial x^i$ et nous l'écrirons

$$(1) \qquad \sum_{\beta, k} a^k_{\alpha\beta} \frac{\partial u_\beta}{\partial x^k} + \Phi_\alpha(x; u) = 0,$$

les $a^k_{\alpha\beta}$, $\Phi_\alpha(x; u)$ étant réels et pouvant dépendre des x^i et des u_k.

Nous supposerons en outre que les solutions de (1) peuvent admettre des surfaces de discontinuité propageables (fronts d'onde) à l'exclusion de surfaces de discontinuité stationnaires; cette condition est réalisée si le système (1) est totalement hyperbolique.

Nous admettrons de plus que les fronts d'onde se propagent avec une *seule* vitesse constante; ne dépendant ni de la direction de propagation, ni de la portion de l'espace où a lieu la propagation; en d'autres termes, pour le phénomène étudié, l'espace est sans biréfringence, isotrope et homogène (les $a^k_{\alpha\beta}$ sont constants). Pour abréger, nous représenterons l'ensemble des termes du système (1) contenant des dérivées partielles par

$$(2) \qquad A^1 \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^1} + A^2 \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^2} + A^3 \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^3} + A^4 \frac{\partial \vec{u}}{\partial x^4}.$$

Diverses considérations conduisent à compléter les hypothèses précédentes par la suivante : les solutions des équations obtenues en égalant à zéro les expressions (2) s'expriment linéairement en fonction des dérivées premières d'une fonction déterminée par une équation linéaire aux dérivées partielles du second ordre.

Si l'on suppose que A^4 est la matrice unité E, notre problème se ramène alors à rechercher dans le corps des nombres réels, les solutions A^1, A^2, A^3 des équations

$$(3) \qquad A^i A^k + A^k A^i = 2\delta^{ik} E \quad (i, k = 1, 2, 3),$$

δ^{ik} étant le symbole de Kronecker.

On peut obtenir une solution particulière des équations (3) pour $n=4$; pour $n=8$, et en posant $(u_1, u_2, u_3)=\vec{h}$, $u_4=h_4$, $(u_5, u_6, u_7)=\vec{e}$, $u_8=e_4$, on obtient le système

$$(4) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \vec{e}}{\partial t} - \operatorname{rot} \vec{h} + \operatorname{grad} h_4 = 0, & \dfrac{\partial e_4}{\partial t} - \operatorname{div} \vec{h} = 0, \\[2mm] \dfrac{\partial \vec{h}}{\partial t} + \operatorname{rot} \vec{e} - \operatorname{grad} e_4 = 0, & \dfrac{\partial h_4}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{e} = 0. \end{cases}$$

qui présente quelques analogies avec les équations de Maxwell dans le vide.

2. Les u_i vérifiant l'équation des ondes, on est conduit à rechercher comment les u_i doivent se transformer pour que le système (4) reste invariant pour le groupe de la Relativité restreinte. Pour étudier aisément les rotations, on est alors amené à introduire des nombres complexes et à écrire le système (4) sous la forme habituelle du système de Dirac.

Jusqu'ici, nous n'avons fait aucune hypothèse relativement aux fonctions $\Phi_\alpha(x; u)$; nous admettrons qu'elles sont linéaires en les u_k et que le système

$$\sum_{\beta,k} a^k_{\alpha\beta}\frac{\partial u_\beta}{\partial x_k}+\sum_j b^j_\alpha u_j=0 \tag{5}$$

est invariant pour le groupe de la Relativité restreinte. Cette hypothèse conduit à exprimer les b^j_α au moyen d'un scalaire, d'un quadrivecteur et de tenseurs complètement antisymétriques respectivement du second, du troisième et du quatrième ordre. On retrouve ainsi les équations de Dirac exprimant le comportement d'un électron soumis à un champ électromagnétique extérieur.

3. Le problème qui se pose pour les équations (4) et (5) est le problème de Cauchy. Il importe cependant d'observer qu'il y a à ce point de vue, une différence fondamentale entre ces systèmes : *pour le système* (4), *la mineure du principe de Huygens est valable; elle ne l'est plus pour le système* (5). Il en résulte que l'on observe en un point P, une onde définie par (4), à l'instant précis en lequel le front d'onde passe en P. Il n'en est plus de même s'il s'agit d'une onde représentant le comportement d'un électron; il faut en effet tenir compte du résidu laissé par l'onde après son passage en P. C'est là, semble-t-il, l'origine de diverses difficultés rencontrées dans l'interprétation de la Mécanique ondulatoire de l'électron.

ASTROPHYSIQUE. — *Relations entre les émissions solaires radioélectriques et les rayons cosmiques*. Note (*) de M. **Jean-F. Denisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

En 1933, Swann (1) a fait remarquer que, pendant la croissance d'une tache solaire, les variations lentes du champ magnétique associé devaient induire dans la couronne des champs électriques intenses susceptibles de communiquer aux électrons des énergies atteignant 10^{10} électron-volts, soit des températures cinétiques de 10^{12} degrés; Swann voyait là une source possible du rayonnement cosmique.

J'ai indiqué ailleurs (2), (3) que ces électrons de grande température cinétique

(*) Séance du 24 janvier 1949.

(1) *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 217.

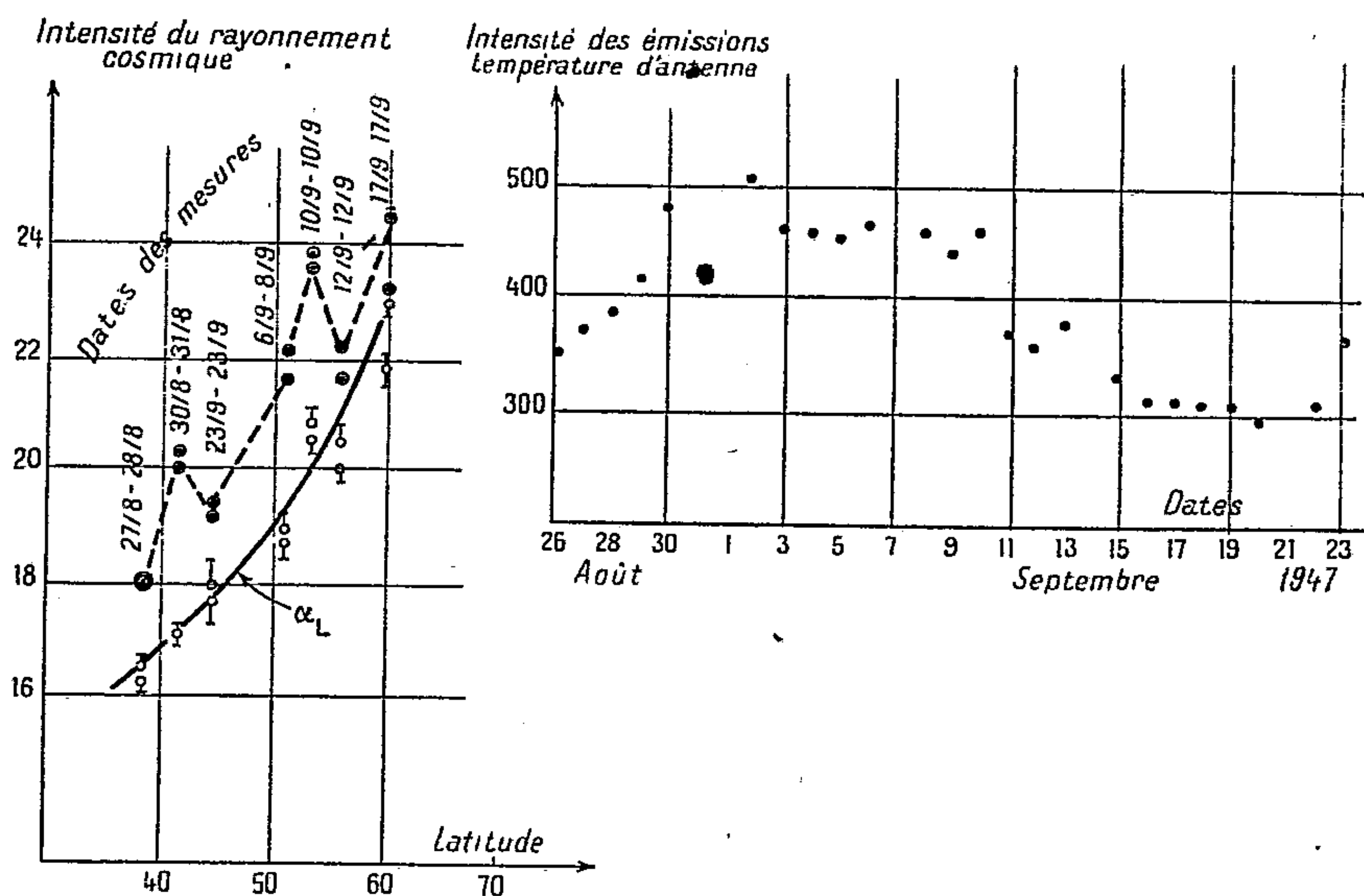
(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1358.

(3) *Thèse de Physique*, Paris.

pouvaient émettre, par suite des transitions free-free, un rayonnement dont l'intensité serait égale à celle du rayonnement du corps noir de même température. Cela fournit une interprétation plausible aux émissions radioélectriques intenses effectivement observées.

A l'appui de cette interprétation, qui explique les émissions radioélectriques intenses par la présence de particules de grande énergie, il est intéressant de signaler une relation qui paraît exister entre les intensités du rayonnement cosmique mesurées en ballon à haute altitude par A. T. Biehl (4) et les températures apparentes du Soleil observées sur ondes décimétriques par A. E. Covington (5).

Les mesures cosmiques visaient à déterminer les variations de l'intensité du rayonnement avec la latitude; elles sont représentées sur la figure ci-dessous par les points marqués ⊙.



Si l'on suppose une répartition uniforme du spectre d'énergie du rayonnement cosmique, la loi de variation avec la latitude doit correspondre à une courbe régulièrement croissante. Les intensités mesurées sont comme on le voit en notable contradiction avec cette hypothèse.

On peut remarquer que les mesures qui paraissent trop fortes ont été faites les jours où l'émission radioélectrique solaire était particulièrement élevée. Pour préciser cette relation on a supposé que le rayonnement cosmique primaire I comprenait une composante constante I_0 et une composante solaire I_s proportionnelle au rayonnement radioélectrique.

(4) A. T. Biehl, R. A. Montgomery, H. V. Neher, W. H. Pickering et W. C. Roesch, *Rev. of Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 360.

(5) *P. I. R. E.*, 36, 1948, p. 1947.

Si l'on admet que la composante solaire subit un effet de latitude représenté par la courbe α_L, on trouve que les valeurs de la composante constante $I_0 = I - I_s$ viennent également se situer, dans la limite des erreurs statistiques, sur la courbe monotone α_L; ce résultat est compatible avec une répartition uniforme du spectre d'énergie.

Durant la période des observations citées, la composante solaire I_s représente en moyenne 1/6 environ du rayonnement total.

Il faut signaler aussi que la très grande augmentation d'intensité du rayonnement cosmique observée le 25 juillet 1946 [6], a coïncidé avec un *outburst* exceptionnel dans l'émission radioélectrique [7] et avec une éruption chromosphérique brillante. D'ailleurs, à part ce cas isolé, on n'a pas observé à ma connaissance d'autres relations entre les émissions radioélectriques solaires et les intensités du rayonnement cosmique mesurées au niveau de la mer. Cela peut s'expliquer assez simplement en supposant que le rayonnement d'origine solaire I_s, observé seulement à haute altitude, est un rayonnement relativement mou. La composante I_0, plus dure, produit la majeure partie du rayonnement secondaire observée à faible altitude.

Notons enfin que les étoiles radioélectriques de diamètre apparent très faible, récemment découvertes [8], [9], [10], [11], se révèlent dans cette région du spectre beaucoup plus brillantes que le Soleil.

Par analogie, on peut les considérer comme source d'une partie au moins du rayonnement cosmique I_0, et les identifier comme l'a fait Babcock [12] à certaines de ces étoiles qui possèdent un champ magnétique variable capable d'entretenir une atmosphère de particules fortement excitées analogue à la couronne solaire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarque sur la théorie des phénomènes non stationnaires dans les solutions électrolytiques*. Note (*) de M. **Mircea Drăganu**, présentée par M. Louis de Broglie.

L. Onsager [1], P. Debye et H. Falkenhagen [2] ont développé une théorie des phénomènes non stationnaires dans les solutions électrolytiques, en intro-

(6) S. E. Forbush, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 771.
(7) A. C. B. Lovell et C. J. Banwell, *Nature*, 158, 1946, p. 517.
(8) J. S. Hey, S. J. Parson et J. W. Phillips, *Nature*, 158, 1946, p. 234.
(9) G. Reber, *P. I. R. E.*, 36, 1948, p. 1215.
(10) J. G. Bolton, *Nature*, 162, 1948, p. 141.
(11) M. Ryle et F. G. Smith, *Nature*, 162, 1948, p. 462.
(12) *Phys. Rev.*, 14, 1948, p. 489.

(*) Séance du 20 janvier 1949.
(1) L. Onsager, *Phys. Zs.*, 28, 1927, p. 277.
(2) P. Debye et H. Falkenhagen, *Phys. Zs.*, 29, 1928, p. 401.

duisant l'effet dû au mouvement brownien d'un ion à l'intérieur de l'atmosphère des ions environnants. Dans les calculs statistiques qu'on effectue pour constituer cette théorie, on considère toujours les ions différenciés seulement par leur espèce chimique et leur énergie potentielle. Or, quand on passe du système d'équations différentielles établi à l'approximation linéaire, il y a une contradiction entre cette approximation et l'hypothèse des ions au repos.

Nous avons donc refait les calculs statistiques de P. Debye et H. Falkenhagen en différenciant les ions non seulement par leur caractère chimique, mais aussi par leur énergie cinétique, qui détermine la grandeur de la vitesse de la translation propre à chaque ion. Comme à l'origine du mouvement brownien sont justement les chocs intermoléculaires, il est logiquement justifié de prendre en considération la variation dans le temps de la distribution statistique des ions causée par les phénomènes de chocs en solution, en même temps que la variation due à leur mouvement régulier et à l'action dynamique des forces extérieures. Cela nous conduit à introduire la fonction de probabilité

$$(1)\qquad \varpi\left(\vec{r}_{ji};\, i\nu_i, j\nu_j\right) = \varpi\left(-\vec{r}_{ij};\, j\nu_j, i\nu_i\right) = \varpi(i\nu_i, j\nu_j),$$

qui représente la probabilité de présence simultanée par unité de temps d'un ion $(i\nu_i)$ dans l'élément de volume dS_i et de l'ion $(j\nu_j)$ dans l'élément dS_j, $\vec{r}_{ij} = -\vec{r}_{ji}$ étant leur distance relative. Cette fonction doit satisfaire au système suivant d'équations intégro-différentielles

$$(2)\qquad \begin{aligned} \frac{\partial\varpi(i\nu_i, j\nu_j)}{\partial t} = &-\operatorname{div}_j\left[\varpi(i\nu_i, j\nu_j)\,\vec{U}(i\nu_i, j\nu_j)\right] \\ &-\operatorname{div}_i\left[\varpi(i\nu_i, j\nu_j)\,\vec{U}j\nu_j, i\nu_i)\right] - \varpi(i\nu_i, j\nu_j)\left[\Gamma_1\begin{pmatrix} i \\ j\nu_j \end{pmatrix} + \Gamma_2\begin{pmatrix} j \\ i\nu_i \end{pmatrix}\right] \\ &+\int \varpi(i\nu_i, j\nu'_j)\,\Phi_j\left(\nu_j,\, \nu'_j - \nu_j,\, \begin{matrix} j \\ i\nu_i \end{matrix}\right) d\Omega'_j \\ &+\int \varpi(i\nu'_i, j\nu_j)\,\Phi_i\left(\nu_i,\, \nu'_i - \nu_i,\, \begin{matrix} i \\ j\nu_j \end{matrix}\right) d\Omega'_i \end{aligned}$$

La vitesse $\vec{U}(i\nu_i, j\nu_j)$ est une vitesse globale moyenne de transfert par unité de volume des ions $(j\nu_j)$ autour d'un ion $(i\nu_i)$ qui apparaît comme l'effet macroscopique de leur mouvement thermique. D'autre part $\vec{U}(j\nu_j, i\nu_i)$ désigne une vitesse analogue des ions $(i\nu_i)$ autour d'un ion $(j\nu_j)$.

Les fonctions Φ_j, Φ_i désignent des densités de probabilités de transitions par unité de temps et Γ_1, Γ_2 des probabilités totales de transition, puis div_j, div_i l'opérateur divergence à l'endroit de l'ion $(j\nu_j)$ ou $(i\nu_i)$. Les différentielles $d\Omega'_j$, $d\Omega'_i$ représentent les domaines élémentaires correspondants dans l'espace des vitesses.

On peut faire subir au système (2) des transformations qui permettent de mettre en évidence l'effet des forces osmotiques et électrostatiques en présence.

Si l'on considère ensuite l'effet de chocs comme un effet du second ordre, on peut obtenir, par développement en série, en première approximation, un système d'équations différentielles analogue à celui utilisé par P. Debye et H. Falkenhagen dans les applications. Mais les équations différentielles ainsi obtenues représentent en réalité par rapport à celles de P. Debye et H. Falkenhagen une approximation de plus, la même que celle introduite par A. Eddington ([3]) en étudiant l'équilibre de ionisation à l'aide de la théorie électrostatique de P. Debye et H. Huckel ([4]).

Il reste à voir, en étudiant des cas particuliers choisis convenablement, si ces dernières équations et les équations (2) présentent des avantages par rapport à la théorie originaire de P. Debye et H. Falkenhagen.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Théorie d'un micromanomètre thermique. Cas des pressions relativement fortes.* Note (*) de M. **Louis Dunoyer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons étudié la sensibilité initiale d'un montage manométrique. Nous nous proposons d'indiquer ici comment on peut appliquer les équations fondamentales au cas où la pression varie à partir d'une valeur différente de zéro. La méthode naturelle consisterait à différentier les équations fondamentales, comme pour le calcul de la sensibilité initiale, mais à ne plus y poser $p=0$, $T'=T$, $i'=i$, et à chercher à en tirer dP/dp. Malheureusement on ne peut achever le calcul algébrique. J'ai alors employé une méthode algébrico-graphique. Les équations (3), (4), (1), (5) et (6) de la Note précédente donnent

$$\frac{L_0 I^2}{BS} = \frac{T^4 - \Theta^4}{1+\alpha t}\left[\frac{\alpha(T+T') + 2(1-273\,\alpha)}{\alpha T' + 1 - 273\,\alpha}\right]^2. \tag{11}$$

D'autre part les équations (4), (1) et (2) donnent

$$B(T^4-\Theta^4)(1+\alpha t) = [B(T'^4-\Theta^4) + Kp(T'-\Theta)](1+\alpha t'). \tag{12}$$

Posons

$$y = [B(T^4-\Theta^4) + Kp(T-\Theta)](1+\alpha t), \tag{13}$$

$$z = \frac{L_0 I^2}{BS} = \frac{T^4-\Theta^4}{1+\alpha t}\left[\frac{\alpha(T+T') + 2(1-273\,\alpha)}{\alpha T' + 1 - 273\,\alpha}\right]^2. \tag{14}$$

Construisons, pour différentes valeurs de p, dont $p=0$, la courbe $y(T)$. On remarque que y représente le deuxième membre de l'équation (12) si l'on y

([3]) *Month. Not.*, 86, 1925, p. 2.
([4]) *Phys. Zeits.*, 24, 1923, p. 185.
(*) Séance du 17 janvier 1949.
([1]) L. Dunoyer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 372.

fait $T' = T$, et en outre le premier membre si l'on pose $p = 0$. Les points de même ordonnée sur la courbe (13) correspondant à $p = 0$ et sur la courbe (13) correspondant à une certaine valeur de p, ont donc pour abscisses les valeurs de T et de T' qui se correspondent dans les deux ampoules. Un réseau suffisamment serré de courbes (13) permettra donc de déterminer graphiquement quelle est la température T' du filament sous pression p, lorsque la température du filament de l'ampoule compensatrice, sous pression nulle, est T.

Pour toute valeur de p, T' étant ainsi défini numériquement en fonction de T, on peut, pour cette même valeur de p, calculer par la formule (14), la courbe $z(T)$, puis, en choisissant d'autres valeurs de p, le réseau de ces courbes.

Supposons ces deux réseaux tracés. Le courant d'alimentation I étant maintenant donné, on coupera le réseau z par l'horizontale $z = L_0 I^2/BS$. Les points d'intersection ont pour abscisses les valeurs de T correspondant à cette valeur de I et aux diverses pressions auxquelles se rapportent les courbes; on connaît notamment ainsi la valeur T_0 correspondant à $p = 0$. Reportons-nous maintenant au réseau y, et considérons le point de la courbe $p = 0$ d'abscisse T_0. Les points des autres y ayant même ordonnée auront pour abscisses les valeurs de T' correspondant aux diverses pressions. Connaissant ainsi pour toute pression les valeurs de T et T' correspondantes, on pourra calculer par les formules (5) et (6) L et L', puis r par (7) et par suite le déplacement P du contact sur le fil du pont correspondant au passage de la pression de o à p, sous la valeur adoptée de I. En construisant les courbes $P(p)$ pour un certain nombre d'intensités I, on obtiendra un réseau de courbes d'« étalonnage » théoriques correspondant aux valeurs choisies pour les constantes.

Les courbes théoriques ainsi obtenues mettent en évidence, comme les courbes expérimentales : *a. la conservation de la sensibilité initiale dans un notable domaine de pressions; b. l'existence d'un maximum de cette sensibilité pour une certaine intensité d'alimentation; c. une saturation d'autant plus vite atteinte que le courant d'alimentation est plus faible, d'où il suit que plus le courant d'alimentation est intense et les températures des filaments élevées, plus sont aussi élevées les pressions pour lesquelles la sensibilité garde une valeur acceptable.*

Le même procédé permet de calculer l'erreur relative $\Delta p/p$ correspondant à une erreur $\Delta\Theta$ sur la température des parois.

Connaissant T et T' pour Θ et I donnés et chaque valeur de p par le calcul indiqué plus haut, on peut déduire des équations obtenues en différentiant les équations (11) et (12) $\Delta T/\Delta\Theta$ et $\Delta T'/\Delta\Theta$. D'autre part, on a

$$\frac{r}{R} = \frac{1 + \alpha t}{2 + \alpha(t + t')},$$

d'où l'on tire aisément

$$\frac{1}{p}\frac{\Delta p}{\Theta\Delta} = \frac{1}{p}\frac{\Delta p}{\Delta P}\lambda\alpha\,\frac{(1+\alpha t')\dfrac{\Delta T}{\Delta\Theta} - (1+\alpha t)\dfrac{\Delta T'}{\Delta\Theta}}{[2+\alpha(t+t')]^2}, \tag{17}$$

où $\Delta p/\Delta P$ peut être déduit des courbes $P(p)$ obtenues plus haut.

Les calculs numériques effectués ainsi montrent que :

a. Plus les températures des filaments sont élevées, moins le contrôle de la température des parois a besoin d'être rigoureux (comme pour les petites pressions);

b. l'erreur relative augmente avec la pression. La mesure des fortes pressions exige donc un contrôle plus rigoureux de la température des parois. Une erreur de 10° sur cette température au voisinage de l'ambiante fait passer l'erreur relative sur la pression, qui était de 2 % pour les petites pressions, à environ 8 % pour une pression de l'ordre de 2 mm/Hg.

THERMODYNAMIQUE. — *Détermination de l'activité thermodynamique des constituants des systèmes fondus d'après les diagrammes de solidification.* Note (*) de M. **Maurice Rey**, présentée par M. Albert Portevin.

L'activité thermodynamique est définie comme le rapport de la tension de vapeur (ou plus exactement de la fugacité) d'un constituant de la solution à la tension de vapeur du même constituant pris dans un état de référence. On peut prendre comme état de référence le corps pur, soit à l'état liquide, soit à l'état solide.

On aura

$$a_L = \frac{p}{P_L^0} \tag{1}$$

et

$$a_S = \frac{p}{P_S^0}. \tag{2}$$

En appliquant l'équation de Clapeyron à la vaporisation du liquide pur et à celle du solide pur, on obtient une relation entre les tensions de vapeur du solide et du liquide d'où l'on peut déduire

$$\log\frac{a_L}{a_S} = \frac{Q_f}{4,575}\left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T}\right), \tag{3}$$

Q_f et T_f sont respectivement la chaleur et la température absolue de fusion du corps pur. La chaleur de fusion est considérée comme indépendante de la température.

Nous allons essayer de déduire l'activité d'un constituant de la solution de sa courbe de solidification.

(*) Séance du 24 janvier 1949.

A la température de solidification ou de cristallisation, les deux phases, solide et liquide, sont en équilibre et l'activité du constituant est la même dans les deux phases.

Or, cette activité est souvent connue dans la solution solide. L'activité dans la solution liquide est donc facile à connaître à la température de cristallisation T_c.

A une autre température, il faut faire intervenir une correction de température. Celle-ci se calcule aisément lorsque les solutions sont régulières, dans le sens donné à ce terme par Hildebrand [1]. On démontre en effet que la fonction $RT\log(a_L/X)$ est indépendante de la température (X est la fraction molaire du constituant).

On a alors

$$\log(a_L)_T = \frac{T_c}{T}\log(a_L)_{T_c} + \frac{T-T_c}{T}\log X. \tag{4}$$

En appliquant l'équation (3) à la température T_c et en la combinant avec (4) il vient

$$\log(a_L)_T = \frac{T_c}{T}\log(a_S)_{T_c} - \frac{(T_f-T_c)Q_f}{4,575\,T\,T_f} + \frac{T-T_c}{T}\log X. \tag{5}$$

On déduit également aisément :

$$\log(a_S)_T = \frac{T_c}{T}\log(a_S)_{T_c} - \frac{(T-T_c)Q_f}{4,575\,T\,T_f} + \frac{T-T_c}{T}\log X. \tag{6}$$

Les deux équations ne diffèrent que par le terme du milieu et elles deviennent identiques lorsque la température T est égale à la température de fusion T_f.

Deux cas particuliers sont spécialement intéressants : celui où la solution solide est idéale, et, lorsqu'elle a peu d'extension, on peut toujours l'admettre en première approximation, et celui où la solution solide se confond avec le corps pur.

On a dans ce cas soit

$$(a_S)_{T_c} = x; \tag{7}$$

soit

$$(a_S)_{T_c} = 1, \tag{8}$$

x est la fraction molaire du constituant dans la solution solide saturée.

Les équations (5) et (6) prennent alors des formes plus simples.

Lorsque les solutions ne sont pas strictement régulières, l'erreur commise par l'emploi des équations précédentes est d'autant plus faible que les températures pour lesquelles on calcule l'activité sont plus rapprochées de la température de solidification.

---

(1) HILDEBRAND, *Solubility of non electrolytes.*

D'autre part, l'erreur commise en considérant la chaleur de fusion du corps pur comme constante est d'autant plus faible que les températures sont plus voisines de la température de fusion du corps pur.

Il en résulte que cette méthode de calcul s'applique particulièrement bien aux systèmes binaires dont le liquidus est très aplati et correspond à une forte déviation positive par rapport à l'idéalité et à une tendance à la non-miscibilité.

L'application de l'équation (5) au système zinc-cadmium donne des activités pour le zinc qui concordent bien avec celles qu'on peut calculer d'après les mesures de tension de vapeur [2], [3] et de potentiel [4]. Le système a été étudié en détail par Lumsden [5], mais avec une méthode plus compliquée.

L'application de l'équation (5) au système cadmium-plomb donne des activités du cadmium qui concordent bien avec les mesures de potentiel de Taylor [4].

MAGNÉTISME. — *Une nouvelle théorie élémentaire des courbes d'aimantation.* Note (*) de M. **Stefán Procopiu**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Pour obtenir la courbe d'aimantation d'une substance ferromagnétique, avec ses trois parties, je me suis servi des hypothèses suivantes : *a.* la substance ferromagnétique est constituée par des particules élémentaires aimantées à saturation (l'hypothèse de P. Weiss) ; *b.* les particules élémentaires possèdent des champs coercitifs locaux différents, croissant à partir de la valeur zéro jusqu'à une valeur très grande [1] ; *c.* les champs coercitifs des particules élémentaires se répartissent d'après une distribution maxwellienne autour d'un champ coercitif moyen H_c ; *d.* l'aimantation pour un champ magnétisant H provient de l'orientation d'un nombre n de particules, ayant un champ coercitif plus petit que la valeur H.

2. Le nombre dn de particules dont le champ coercitif est compris entre H et $H + dH$ est

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \frac{N}{H_c^2} H^2 e^{-\frac{H^2}{H_c}} dH, \tag{1}$$

où N est le nombre total de particules élémentaires.

L'aimantation J pour un champ H sera, $J = A\int_0^H dn$, si A est l'aimantation

(2) Burmeister et Jellinek, *Z. phys. Chem.*, 165, 1933, p. 130.

(3) Jellinek et Wannow, *Z. Elektrochem.*, 41, 1935, p. 346.

(4) Taylor, *Jour. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 2865.

(5) *Congrès International de Chimie pure et appliquée*, Londres, 1947.

(*) Séance du 24 janvier 1949.

(1) St. Procopiu, *Journal de Physique*, 1, 1930, p. 368 et 5, 1934, p. 199 ; O. van Auwers et H. Kuhlewein, *Ann. der Phys.*, 17, 1933, p. 143.

à saturation d'une particule. L'expression (1), après le développement de e en série et intégration, devient

$$(2) \qquad n = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} \frac{H^3}{H_c^3} \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \frac{H^2}{H_c^2} + \frac{1}{14} \frac{H^4}{H_c^4} \cdots \right).$$

La fonction (2) a un point d'inflexion pour $H = H_c$, donné par $d^2n/dH^2 = 0$. La fonction (2) représente la courbe d'aimantation, avec ses trois parties; la courbe initiale pour $H < H_c$, la courbe d'inflexion pour $H = H_c$ et la courbe de saturation pour $H > H_c$.

3. Pour les champs faibles ($H < H_c$), si nous considérons seulement les phénomènes irréversibles, la courbe initiale d'aimantation sera donnée par

$$(3) \qquad \mathcal{J} = A \frac{4N}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{H_c^2} \left(\frac{H}{H_c} \right)^3 \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \frac{H^2}{H_c^2} \right).$$

Par suite, l'intensité d'aimantation a la forme

$$(4) \qquad \mathcal{J} = H^3(a - bH^2),$$

dans laquelle les coefficients a et b sont des fonctions du champ coercitif H_c et sont reliés par la relation

$$(5) \qquad \frac{a}{b} = \frac{5}{3} H_c^2.$$

L'intensité d'aimantation, donnée par (4), pour un champ alternatif H, est symétrique par rapport à zéro. Si nous prenons comme abscisse la *valeur correspondante* du champ, $x = H/H_c$, les intensités d'aimantation J initiales sont inversement proportionnelles au carré des champs coercitifs :

$$(6) \qquad \frac{\mathcal{J}_1}{\mathcal{J}_2} = (H_{c_2}/H_{c_1})^2.$$

La loi d'aimantation dans les champs faibles, donnée par (4), doit remplacer la loi bien connue de Lord Rayleigh [2] : $J = aH + bH^2$, et l'expérience doit montrer encore si entre les coefficients a et b il existe quelque relation de la forme de (5), et si ces coefficients dépendent de la température en même temps avec H_c [3]. Les recherches de K. Sixtus [4], concernant certains alliages, montrent des écarts à la loi de Rayleigh, et un rapprochement à une loi de la forme de (4).

Pour une théorie complète, il est nécessaire d'introduire encore les phénomènes réversibles et l'angle fait par le champ et la direction de facile aimantation de la particule élémentaire.

---

(2) *Phil. Mag.*, 23, 1887, p. 225.
(3) P. Weiss et G. Foëx, *Le Magnétisme*, Paris, 1926, p. 105.
(4) *Zeits. f. Phys.*, 121, 1943, p. 100.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Contribution à l'étude oscillographique de l'effet couronne entre pointe négative et plan.* Note de M. **Frantz Perrier**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. *Résultats antérieurs; objet de cette étude.* — L'effet couronne entre une pointe portée à un potentiel négatif et un plan au sol a été souvent étudié à l'oscillographe cathodique ([1]). Dans le cas de pointes pas trop fines (la grosseur par exemple d'une aiguille de phonographe ou même des grosseurs beaucoup plus fortes), dans l'air ordinaire (c'est-à-dire non spécialement dépoussiéré ou desséché) et pour des potentiels inférieurs à ceux qui produisent la décharge continue, il existe un domaine de potentiels dans lequel la décharge est intermittente et régulière, c'est-à-dire formée de pulsations d'amplitude constante se reproduisant à des intervalles *à peu près* égaux. Cette régularité toutefois n'est qu'approximative et les oscillogrammes publiés sont tous des photographies d'une seule course du spot de l'oscillographe. Je me suis proposé d'obtenir sur l'écran de l'oscillographe une courbe parfaitement immobile. J'ai utilisé pour cela une méthode déjà décrite ici ([2]) sous le nom de *méthode des courbes intégrales*.

2. *Premier montage utilisé, résultats obtenus.* — Le plan situé en face de la pointe est réuni au sol par une résistance R de 300 000 Ω, la différence de potentiel aux bornes de R est, après amplification, appliquée à une résistance R′ de 80 000 Ω en série avec une capacité C de 100^{cm}. Les plaques de l'oscillographe sont respectivement reliées aux bornes de C et de R′. Dans ces conditions la courbe obtenue est parfaitement immobile et nette dans tout le domaine des pulsations régulières.

Il est facile de constater que *la forme* de cette courbe se modifie si l'on change la résistance R ou la sensibilité de l'amplificateur. Par ailleurs, on obtient avec le même circuit collecteur, la même résistance R et le même réglage de l'amplificateur des courbes se superposant exactement aux précédentes en réunissant la pointe, non plus au dispositif à haute tension produisant la décharge, mais

---

([1]) En particulier par Loeb et ses collaborateurs à Berkeley. Le montage électrique utilisé dans ces mesures est celui de Trichel (*Physical Review*, 54, 1938, p. 1078). Le résumé et la liste des travaux postérieurs au travail de Trichel sont donnés par English (*Physical Review*, 74, 1948, p. 170).

English a essayé quatre types d'oscillographes et modifié les constantes de temps du circuit collecteur; il explique la différence de ses divers oscillogrammes par les bandes passantes différentes de ses amplificateurs.

Les résultats précédents sont également à rapprocher de ceux obtenus par MM. M. Pauthenier, L. Demon et G. Duhaut (*Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1431) dans l'étude de l'effet couronne entre plan ou cylindre de grand rayon d'une part et pointe métallique ou goutte d'eau d'autre part.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1948, p. 791.

à un générateur d'oscillations en dents de scie à basse tension (amplitude des oscillations 20 volts, fréquence dans la gamme du kilocycle par seconde). Ces deux constatations semblent montrer que les pulsations obtenues sur l'écran de l'oscillographe sont le résultat de l'excitation par chocs du circuit complexe formé par le système collecteur et l'amplificateur et que la forme de ces pulsations ne représente pas la variation en fonction du temps du courant de décharge.

3. *Modification du montage précédent; mesure de la fréquence des pulsations.* — Dans le montage précédent la résistance R est remplacée par une bobine de self (0,5 henry, 200 ohms). Le circuit revient à sa position d'équilibre par des oscillations amorties dont l'amplitude, la fréquence et l'amortissement dépendent de l'ensemble du circuit collecteur et de l'amplificateur. Pour le montage utilisé la fréquence est de 15 kilocycles par seconde. A ces oscillations correspondent des courbes intégrales qui sont des spirales (plus ou moins aplaties suivant les valeurs de C et de R′) et la proportion de spirale obtenue permet de mesurer la fréquence des pulsations. On voit en effet la spirale se dérouler quand la différence de potentiel entre pointe et plan augmente ou quand on approche le plan de la pointe. Dans une série d'expériences le nombre de spires est passé de cinq à un (c'est-à-dire à la fréquence de 3 à 15 kc/s) quand la différence de potentiel est passée de 3600 à 4400 volts, la distance pointe plan étant de trois centimètres.

SPECTROSCOPIE. — *Explication de l'action inhibitrice du gaz sulfureux dans la formation de carbone, au cours d'une combustion, par des réactions entre radicaux libres.* Note de M. **Guy Pannetier**, présentée par M. Paul Pascal.

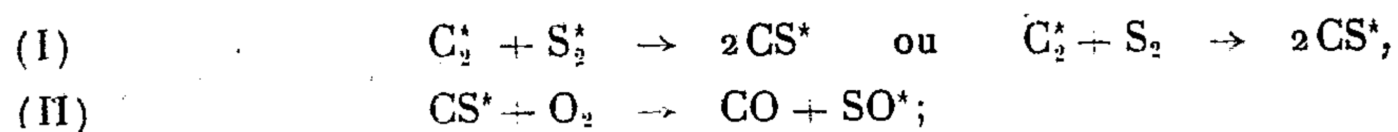
La combustion du cyanogène dans l'oxygène, ces deux gaz étant parfaitement secs et déshydrogénés, est un moyen commode de produire au sein même de la flamme les radicaux libres CN et C_2, faciles à mettre en évidence par leur émission; CN(0,0 : 3883 Å; 0,1 : 4216 Å; 0,2 : 4606 Å) et C_2(0,0 : 5165 Å; 0,1 : 5635 Å; 1,0 : 4737 Å; 2,0 : 4382 Å). Grâce à un appareil approprié, on peut par entraînement brûler de la vapeur de soufre en même temps que du cyanogène. Dans ces conditions, non seulement l'intensité lumineuse totale de la flamme ainsi que celles des radicaux C_2 et CN diminuent, mais il apparaît les bandes caractéristiques des radicaux CS (0,0 : 2575,6 Å; 0,1 : 2663 Å; 2,2 : 2606 Å), SO(0,5 : 2968 Å; 0,6 : 3064 Å; 0,7 : 3165 Å; 0,8 : 3271 Å) et S_2 (entre 4000 et 5000 Å). Par ailleurs, plus est élevée la température du soufre liquide, et par conséquent la proportion entraînée par un même débit de cyanogène, plus est faible l'intensité des bandes de C_2 et forte celle des bandes de CS. On peut même arriver à la disparition complète des premières. Simultanément la flamme devient de plus en plus bleue, alors qu'elle était blanche avec le cyanogène pur, par suite de la combustion des atomes de

carbone libérés par la réaction



$$C_2^* \rightarrow 2C + h\nu \quad \text{(non quantifiée)}\ .\ [1].$$

Dans ces conditions, pour interpréter l'apparition des nouveaux radicaux, on est conduit à admettre l'existence des réactions suivantes :

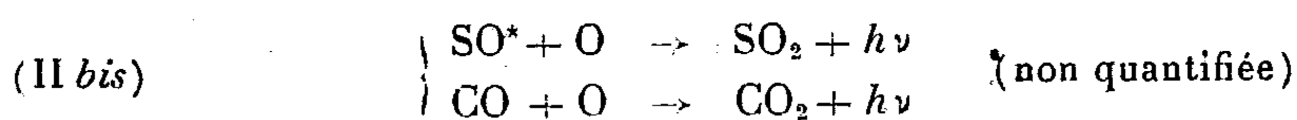


$$\text{(I)} \qquad C_2^* + S_2^* \rightarrow 2CS^* \quad \text{ou} \quad C_2^* + S_2 \rightarrow 2CS^*,$$



$$\text{(II)} \qquad CS^* + O_2 \rightarrow CO + SO^*;$$

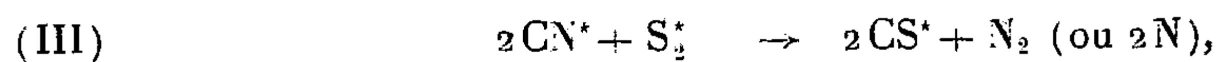
et les combinaisons [2]



$$\text{(II bis)} \qquad \left.\begin{aligned} SO^* + O &\rightarrow SO_2 + h\nu \\ CO + O &\rightarrow CO_2 + h\nu \end{aligned}\right\} \text{(non quantifiée)}$$

seraient responsables de l'existence du fond continu sur lequel se dessinent les bandes précédentes même lorsque la flamme est bleue.

Les réactions (I) et (II) n'excluraient pas d'ailleurs les réactions



$$\text{(III)} \qquad 2CN^* + S_2^* \rightarrow 2CS^* + N_2 \ (\text{ou } 2N),$$

et



$$\text{(IV)} \qquad C_2^* + SO^* \rightarrow CO + CS^*,$$

Le mécanisme (III) nous paraît peu probable; et nous avons montré [1] que dans la combustion du cyanogène les radicaux C_2 provenaient de la dissociation des CN; comme la suivante elle n'est cependant pas à exclure.

D'autre part, il est bien connu [2] que quelques pour-cent d'anhydride sulfureux ajoutés à des flammes de CO, H_2, CH_4, C_2H_4, CH_3OH, suffisent pour réduire considérablement la formation de carbone au cours de la combustion de ces corps en donnant une flamme non lumineuse. Nous avons vérifié cette propriété avec le cyanogène. Une addition de 2 % de SO_2 réussit à faire tomber l'intensité lumineuse totale à moins de 3 % de sa valeur initiale et à donner une flamme excessivement bleue. L'explication que nous donnons de ces phénomènes est la suivante. Les atomes de carbone qui donnent de la luminosité à la flamme en brûlant et qui proviendraient de la décomposition du radical C_2, ne peuvent plus se former par suite des réactions (I), (II) et (II *bis*). Et ceci est confirmé par le fait que dans le cas particulièrement simple du cyanogène, le spectre d'émission obtenu quand la flamme contient une petite quantité d'anhydride sulfureux, est identique à celui que l'on obtient avec le soufre et contient outre C_2 et CN, les bandes de SO, CS, S_2 et même les bandes d'autoabsorption de SO_2, dont la présence ne peut se justifier que par les réactions (I), (II) et (II *bis*).

---

(1) G. Pannetier, *Colloque sur la cinétique des flammes*. Paris, avril 1948.

(2) A. G. Gaydon, *Spectroscopy and combustion theory*, 1948.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Détection des particules α par destruction des mousses.* Note (*) de M. **Robert Chaminade**, transmise par M. Frédéric Joliot.

En vue de trouver une nouvelle méthode de détection des particules ionisantes, j'ai été amené à étudier leur action sur les lames minces de savons.

J'ai observé la destruction des bulles d'une mousse sous le bombardement d'une source de polonium émettant 7.10^6 rayons α par seconde dans l'angle solide 4π.

La solution servant à produire la mousse est ordinairement destinée à la production des bulles de savon; sa composition probable est la suivante : 5 % de lauryl-sulfate de sodium, $CH_3(CH_2)^{10}O(SO_4NH_4)$, avec en impuretés des homologues inférieurs et supérieurs; 6 % de sulfate d'ammonium résultant de la neutralisation par l'ammoniac lors de la fabrication du produit précédent; les 89 % restant comprennent : de l'eau, de la glycérine, de l'alginate de soude et de l'alcool laurique. Le montage expérimental utilisé est représenté sur la figure 1.

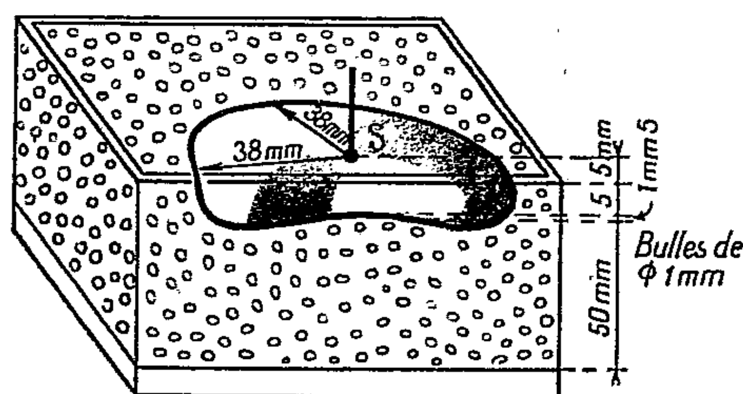


Fig. 1.

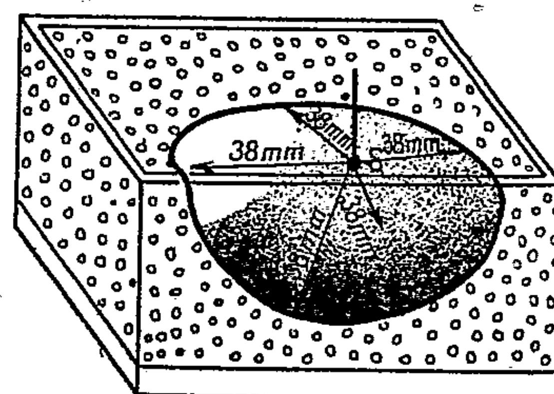


Fig. 2.

En plaçant en S une source de polonium émettant 55000 α par seconde dans l'angle solide 4π à 5^{mm} au-dessus d'une mousse de 5^{cm} d'épaisseur comprenant $\eta = 1600$ bulles au centimètre cube, on observe l'éclatement des bulles et un abaissement progressif du niveau de la mousse dans la région correspondante au parcours des rayons α.

L'efficacité E a été évaluée de la façon suivante : l'intensité du faisceau de rayons α atteignant la mousse est $n = 13800$ α par seconde; en appelant v la diminution du volume de la mousse pendant le temps t due à l'éclatement spontané; V la diminution de volume due, pendant le temps t, à l'éclatement spontané et au bombardement de S, l'efficacité E, ou nombre moyen de bulles détruites par α est alors $E = (V - v)\eta/nt$. On trouve $E = 0,1 \pm 0,05$, avec $v = 0^{cm^3},4$, $V = 27^{cm^3}$ en 30 secondes à la température de 18°.

On a fait les observations suivantes : 1° la destruction de la mousse n'a lieu

(*) Séance du 24 janvier 1949.

qu'avec une mousse desséchée, ce qui oblige à lui donner une épaisseur d'au moins 1^{cm} et à attendre environ une minute.

2° Quand on bombarde avec un flux supérieur à 10000 rayons α par centimètre carré et par seconde les bulles détruites mouillant la mousse, on constate une diminution importante de l'efficacité : c'est la raison pour laquelle on a choisi pour mesurer E une source d'intensité modérée.

3° On peut remarquer sur la figure 1 qu'au cours du bombardement, l'abaissement du niveau est moins rapide dans les régions proches de la source.

4° L'éclatement a lieu en profondeur jusqu'à 1^{cm} sous la surface de la mousse, ce qui est une source d'erreurs dans l'évaluation de E; une autre source d'erreurs est causée par la possibilité d'éclatement en chaîne.

Application à la démonstration directe de la sphère limite de parcours des rayons α du polonium. — Si l'on poursuit l'expérience permettant d'évaluer E, la destruction s'arrête quand la distance de la mousse restante est égale au parcours des rayons α dans l'air. La mousse enveloppe alors la calotte sphérique de parcours limite des rayons α; cette expérience est représentée par la figure 2. On mesure alors un rayon de $3,8 \pm 0^{cm},1$ à 18° et 750^{mm} de pression.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la production, par une nouvelle réaction nucléaire, de deutérons de grande énergie dus à des neutrons rapides.* Note de MM. **Pierre Cüer, Max Morand** et **Lud van Rossum**, présentée par M. Jean Cabannes.

Parmi plusieurs réactions nucléaires produites par des neutrons rapides, l'examen des émulsions (C_2 Ilford), exposées au cyclotron de Berkeley, que Gardner et Lattès ont mises à notre disposition ([1]), nous a permis de mettre en évidence une réaction d'un nouveau type, en accord avec les résultats récemment publiés par York et Bradner ([2]) : (A) neutron (de grande énergie) + noyau → deutéron (de grande énergie) + noyau (peu excité).

Pour ces émulsions, sans affaiblissement, convenablement développées, nous avons tracé, avec le maximum possible de précision et pour des parcours compris entre 1000 et 3600 μ, les courbes moyennes de la variation de granulation, d'une part, pour des protons certains dont les traces, isolées, *commencent* et finissent dans l'émulsion, d'autre part, pour des traces isolées *pénétrant* et finissant dans l'émulsion. Parmi celles-ci, nous avons trouvé 15 traces dont la variation de granulation correspond (à 5 % près, au maximum) à la courbe moyenne des protons certains et 7 traces dont la variation de granulation

---

([1]) Par l'intermédiaire de M. le Professeur Leprince-Ringuet, qui nous les a transmises au retour d'un voyage en U. S. A.

([2]) H. F. York et H. Bradner, *Bulletin of the American Physical Society*, 24, II, 1949, p. 19.

correspond (aux mêmes fluctuations près) à la courbe (moyenne) des deutérons, telle qu'on peut la déduire de celle des protons (certains) par les formules classiques. Une trace de triton a, en plus, été identifiée de la même manière. Les traces des deutérons sont réparties sur toute la plaque, mais leurs directions, très peu divergentes, sont toutes comprises dans un angle de 38° seulement, et leur sens correspond à celui des particules α, à l'intérieur du cyclotron, avant qu'elles rencontrent la cible; le prolongement de la direction moyenne de ces deutérons paraît rencontrer tangentiellement l'un des *dee* en avant de la cible, de sorte que ces traces sont explicables par la réaction (A), les neutrons provenant d'un bombardement du *dee* par des α, et les deutérons étant, comme les neutrons, projetés en avant. L'énergie résiduelle de ces traces dans l'émulsion, de 15 à 35 MeV, confirme cette interprétation. De plus, la direction moyenne des protons de même énergie est comparable à celle des deutérons; les protons d'énergie inférieure présentent une dispersion angulaire supérieure, explicable par la diffusion de neutrons moins rapides.

La répartition actuelle de nos deutérons ne permet pas encore de préciser s'ils proviennent en totalité du cuivre entourant partiellement les plaques, ou s'ils prennent également naissance dans le support en verre des émulsions. Une trace de deutéron, située près du bord de la plaque par lequel arrivent les mésons négatifs, provient d'un bloc de cuivre destiné à arrêter les α qui ont traversé la cible. Compte tenu de la géométrie défavorable pour l'étude de cette production de deutérons (puisque réalisée pour observer des π^-), de notre statistique encore restreinte, nous trouvons que la probabilité de la réaction (A) est d'un ordre de grandeur comparable à celui de la réaction bien connue (n, p), pour des énergies semblables des protons et deutérons observés, quoique la réaction (n, p) soit plus probable.

D'après la répartition que nous avons constatée et les résultats de (²), nous pensons que (A) ne peut s'expliquer par le modèle d'évaporation du noyau composé, mais rentre dans le cadre des interactions à grande énergie que nous avons précédemment considérées (³). Du point de vue dynamique, le deutéron est émis d'abord, en avant, emportant la majeure partie de l'énergie, dans une direction voisine de celle du neutron incident; il laisse le noyau faiblement excité. Dans le domaine habituel, d'énergie incidente < 30 MéV, où le modèle de Bohr s'applique, l'émission d'un deutéron est rendue peu vraisemblable par la faible probabilité de sa formation et la grande probabilité de sa dissociation à travers la barrière de potentiel du noyau. (Seules réactions expérimentales connues, à faible section de désintégration : $Be^9_4 + H^1_1 \rightarrow Be^8_4 + H^2_1$, $H^1_1 + n^1_0 \rightarrow H^2_1 + \gamma$, et réaction de Bethe $H^1_1 + H^1_1 \rightarrow H^2_1 + e^+$.)

Aux plus grandes énergies, quand la durée d'interaction du neutron incident sur un nucléon devient un peu inférieure à la période nucléaire, et quand le noyau acquière une certaine transparence, les échanges d'énergie et de quantité de mouvement peuvent être compatibles avec la formation d'un deutéron

susceptible de sortir du noyau avec une énergie supérieure à la barrière de potentiel. Théoriquement, les raisonnements sont semblables à ceux qui correspondent à la création de mésons réels dans un noyau (3), mais on montre facilement que le cas le plus favorable pour la formation du deutéron est réalisé quand la vitesse du nucléon rencontré a le même sens que la vitesse du nucléon incident. Il est à noter que l'émission d'un deutéron, dans ces conditions, ne doit pas être un phénomène spécifique; il doit s'observer, d'ailleurs conformément à (2), avec la majorité des noyaux, les plus légers assurant, toutefois, la meilleure transparence. La réaction (A), certainement provoquée aussi par les neutrons cosmiques, expliquerait la proportion non négligeable (et probablement très sous-estimée, par suite d'une discrimination insuffisante) de deutérons observés parmi les traces isolées (4), ainsi que les deutérons de grande énergie apparaissant dans certaines étoiles (5).

Dans les émulsions exposées à Berkeley, nous avons identifié plusieurs étoiles correspondant effectivement à la réaction (A). L'une, très favorable aux mesures (traces se terminant dans l'émulsion, deutéron de 20 MeV environ), a un bilan compatible avec l'action d'un neutron sur un noyau de carbone de l'émulsion, avec évaporation du noyau résiduel $^*B_5^{11}$. Bien que la probabilité d'observation complète des longs deutérons soit faible, nous étudions systématiquement les différents exemples possibles de cette réaction dans l'émulsion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Thermodynamique de la décomposition des nitrites.* Note (*) de MM. **Maurice Dodé** et **André Peneloux**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La décomposition des nitrites est très compliquée. Des recherches nombreuses ont montré depuis longtemps qu'il se dégage à la fois de l'azote et des oxydes de l'azote et qu'il reste dans la phase condensée un mélange de nitrites, de nitrates et d'oxydes et de peroxydes du métal. Mais la composition des gaz, en particulier, paraît varier de façon irrégulière avec les conditions expérimentales, et l'on n'a pu tirer jusqu'ici aucune conclusion générale de l'ensemble des phénomènes observés.

La raison en est que, livrée à elle-même dans un problème aussi complexe, la chimie ne dispose d'aucun guide qui lui permette de coordonner les résultats dont on dispose. Nous nous proposons de montrer ici que l'étude thermodyna-

(3) P. Cüer et M. Morand, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 659; M. Morand, P. Cüer, et H. Moucharafyeh, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1974.

(4) M. Morand, P. Cüer, J. Edmont et H. Moucharafyeh, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1008.

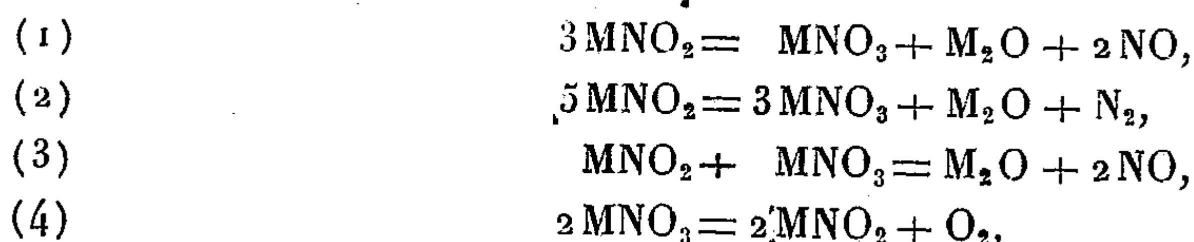
(5) C. F. Powell et L. Leprince-Ringuet, *Congrès sur les rayons cosmiques*, Bristol, 1948.

(*) Séance du 24 janvier 1949.

mique du système nitrite, produits de la décomposition, permet de dégager les règles générales auxquelles doit obéir la réaction.

Nous examinerons plus particulièrement les nitrites alcalins et alcalino-terreux.

Soit M un métal, supposé monovalent pour la simplicité de l'écriture. Le système MNO_2, MNO_3, M_2O, N_2, O_2, NO, NO_2 est complètement défini, sans qu'il soit besoin de faire aucune hypothèse sur le mécanisme de la transformation, par l'ensemble des quatre équations stœchiométriques :



$$(1) \qquad 3MNO_2 = MNO_3 + M_2O + 2NO,$$
$$(2) \qquad 5MNO_2 = 3MNO_3 + M_2O + N_2,$$
$$(3) \qquad MNO_2 + MNO_3 = M_2O + 2NO,$$
$$(4) \qquad 2MNO_3 = 2MNO_2 + O_2,$$

qui permettent de calculer les conditions de l'équilibre thermodynamique. Du fait de la miscibilité des constituants condensés, cet équilibre est bivariant et il sera défini par les relations suivantes où une formule entre parenthèses représente une activité

$$(1') \qquad K_1(T) = P^2_{NO}\frac{(M_2O)(MNO_3)}{(MNO_2)^3},$$

$$(2') \qquad K_2(T) = P_{N_2}\frac{(M_2O)(MNO_3)^3}{(MNO_2)^5},$$

$$(3') \qquad K_3(T) = P^2_{NO_2}\frac{(M_2O)}{(MNO_2)(MNO_3)},$$

$$(4') \qquad K_4(T) = P_{O_2}\frac{(MNO_2)}{(MNO_3)}.$$

Les pressions d'équilibre des constituants gazeux varieront donc considérablement avec la composition de la phase condensée; elles seront, sauf celle de l'oxygène, maxima pour le nitrite pur.

A défaut de données précises sur les entropies des constituants condensés, nous avons été réduits à calculer les constantes d'équilibre par la formule approchée de Nernst, ou à partir d'entropies standards déterminées par des relations semi-empiriques; certes, nous obtenons ainsi des valeurs imparfaites, mais qui suffiront néanmoins, comme nous le verrons, pour conclure sans ambiguïté. D'ailleurs, les calculs fournissent certainement l'ordre de grandeur des constantes, car dans le phénomène très voisin de l'oxydation des nitrites par la vapeur d'iode, la formule de Nernst nous a permis de déterminer les logarithmes des constantes d'équilibre à une unité près.

Dans le cas actuel, nous obtenons ainsi pour les nitrites alcalins et alcalino-terreux, des pressions d'équilibre considérables pour l'azote et très faibles pour le nitrosyle et le peroxyde d'azote. Il en résulte que si l'affinité de la réaction (2) est positive quelle que soit la pression de l'azote supportée par le système, celle de la réaction (1) est au contraire négative en présence de la moindre trace de

nitrosyle, c'est-à-dire au début même de la décomposition. Chauffons par exemple 5g de nitrite de potassium pur à 500°C. dans un volume de 100cm³; on verra facilement que lorsque la pression de nitrosyle atteindra un millième d'atmosphère, les titres en nitrate et en oxyde seront tous deux de l'ordre de deux millièmes. Or, pour de telles concentrations dans la phase condensée, la pression d'équilibre déduite de (5) en remplaçant les activités par les concentrations moléculaires serait seulement de l'ordre de 10^{-5} atmosphère, ce qui signifie qu'une décomposition plus avancée que celle que nous avons envisagée, ne devrait pas se produire, cela d'autant plus que la pression d'équilibre du NO décroît très rapidement à mesure que le titre en nitrite diminue.

Dans ces conditions, la présence expérimentalement constatée de quantités importantes de nitrosyle dans les gaz de décomposition, sous des pressions partielles bien supérieures aux pressions d'équilibre, ne nous permet pas de douter du fait que la réaction (1) se poursuit de gauche à droite dans des conditions où son affinité dans ce sens est négative. C'est là un point capital sur lequel, à notre connaissance, personne n'avait encore attiré l'attention.

Nous constatons donc l'existence d'un couplage entre les diverses réactions (1), (2), (3), et (4). Le second principe impose alors que les affinités A et les vitesses v de ces réactions obéissent à l'inégalité de De Donder

$$A_1 v_1 + A_2 v_2 + A_3 v_3 + A_4 v_4 \geqq 0, \tag{5}$$

inégalité qui dans le cas présent peut s'écrire, en appelant v_G la vitesse de production du gaz G, P_G sa pression d'équilibre et p_G sa pression partielle effective

$$v_{NO} \log \frac{P_{NO}}{p_{NO}} + v_{N_2} \log \frac{P_{N_2}}{p_{N_2}} + v_{NO_2} \log \frac{P_{NO_2}}{p_{NO_2}} + v_{O_2} \log \frac{P_{O_2}}{p_{O_2}} \geqq 0. \tag{6}$$

Les vitesses de formation des gaz, et par suite la composition du mélange gazeux résultant de la décomposition, ne sont donc pas arbitraires.

La seule considération de l'inégalité (6) permet en effet d'interpréter l'ensemble des faits connus jusqu'ici sur la décomposition des nitrites.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fixation de l'hydrogène et du deutérium par le lanthane et le cérium.* Note de M. **Rodolphe Viallard** et Mme **Pauline Jaszczyn**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours de recherches antérieures, l'un de nous a montré que le deutérium peut, comme l'hydrogène, s'associer à des métaux du groupe des terres rares (1)(2). Les produits obtenus, tant avec l'hydrogène qu'avec le deutérium,

(1) R. Viallard, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 417.
(2) R. Viallard, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 144.

présentent dans leur composition des variations assez sensibles, et ne sont pas stœchiométriquement définis. Ils possèdent cependant des caractères qui font d'eux de véritables combinaisons chimiques (3).

Une étude nouvelle des combinaisons de ce type a conduit les auteurs à préciser que le lanthane est susceptible de fixer le deutérium, pour donner un produit dont la composition est voisine de celle qui correspondrait au composé LaD_3. Opérant dans des conditions semblables avec l'hydrogène, d'autres auteurs avaient conclu à l'existence de la combinaison LaH_3 (4).

Devant la confirmation apportée au travail de ces auteurs par la présente étude, il a paru indispensable de vérifier les données qui, dans le cas du cérium, ont pu justifier une conclusion différente (2) (3). Ce contrôle a montré que les discordances signalées à l'époque trouvaient leur source dans un calibrage défectueux du dispositif utilisé. De nouvelles expériences ont confirmé en particulier que le deutériure de cérium peut se rapprocher davantage du composé CeD_3 que du composé CeD_2.

Le dispositif utilisé dans ces deux séries d'essais est, dans son principe, semblable à celui qui a été décrit précédemment (3). La marche des expériences est cependant différente. Il n'a pas été possible en effet de faire démarrer la réaction à froid, que ce soit avec le lanthane ou avec le cérium. Les échantillons utilisés appartenaient cependant tous à la variété β, cubique à faces centrées. Les tableaux ci-dessous résument l'essentiel des observations.

Les variations observées dans la composition du deutériure de cérium sont assez sensibles. Toutefois, il y a lieu de signaler que les échantillons IV et V provenaient d'un barreau de cérium assez fortement oxydé. Il n'est pas exclu que les résultats correspondants aient été abaissés par suite d'une oxydation interne de fragments de métal apparemment nets.

Les conclusions antérieures relatives à la constitution de l'hydrure et du deutériure de cérium, basées essentiellement sur le comportement thermique de ces produits et sur l'échange isotopique, conservent bien entendu toute leur valeur.

I. *Expériences avec le lanthane* β.

État du métal.	Température de l'absorption (°C).	Pression finale du gaz (mm Hg).	Nombre d'atomes de deutérium fixés par atome de métal.	Aspect du produit obtenu.
I. Copeaux de quelques mg...	154	252,6	3,10	Poudre gris très foncé
II. Limaille..................	280	202	3,02	»
III. »	242	156,3	2,91	»
IV. »	270	100	3,00	»

(3) R. Viallard, *Ann. Chim.*, 1945, p. 1-70.
(4) W. Muthmann et K. Kraft, *Ann.*, 325, 1902, p. 261.

II. *Expériences avec le cérium β.*

État du métal.	Température de l'absorption (°C).	Pression finale du gaz (mm).	Nombre d'atomes de deutérium fixés par atome de métal.	Aspect du produit obtenu.
I. Grosse limaille	300	73,2	2,68	Poudre noire fine à l'exception de quelques grains peu modifiés.
II. Limaille fine	330	47	2,46	poudre noire homogène.
III. Fragment de 5^{cg}	320	40,4	2,75	produit noir pulvérulent
IV. 1 bâtonnet de 35^{mg}	300	39	2,21	masse friable gris foncé, présence de quelques taches plus claires.
V. Copeaux de 2^{mg} environ	300	61	2,40	masse friable gris foncé, présence de quelques taches plus claires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Calcul approché de la résistivité électrique des verres silicatés.* Note (*) de M. **André Danzin**, présentée par M. Paul Pascal.

Depuis que Rash et Hinrichsen [1] ont proposé la formule $\log \rho = A/T + B$ pour exprimer les variations de la résistivité électrique ρ du verre en courant continu ou basse fréquence en fonction de la température absolue T, de très nombreux expérimentateurs ont trouvé une excellente concordance de cette loi avec l'expérience pour les températures inférieures au domaine de transformation. La constante A est à peu près la même pour tous les verres silicatés et l'on a pris l'habitude en conséquence de caractériser la résistivité ρ par un seul repère dit point $T_K 100$ [2], température où $\rho = 100\ \mathrm{M\Omega/cm/cm^2}$. La seule connaissance de ce point entraîne, avec une approximation suffisante pour les calculs techniques, la connaissance de la résistivité à toutes températures inférieures au domaine de transformation et une indication sur les propriétés diélectriques du verre dans la gamme de fréquence 50 cycles/sec-10 Mcycles/sec.

J'ai cherché à rendre par une formule approchée les résultats des mesures du point $T_K 100$ opérées sur un grand nombre de verres silicatés de compositions chimiques diverses.

J'ai opéré dans le domaine SiO_2 (35 à 70 %); $Na_2O + K_2O$ (0 à 12,5 %); PbO (0 à 60 %); BaO (0 à 32 %); ZnO (0 à 21 %); B_2O_3 (0 à 60 %);

(*) Séance du 28 juin 1948.

[1] *Zeitschrift für Elektrochemie*, **14**, 1908, p. 41.

[2] G. Gehlhoff et M. Thomas, *Zeitschrift für Technische Physik*, 1925, p. 544.

Al_2O_3 (o à 11 %); MgO (o à 8 %) avec des verres comportant toujours une somme d'éléments basiques du type R_2O ou RO d'au moins 18 %.

J'ai trouvé que si l'on porte sur un graphique en ordonnées les températures centigrades $T_K 100$ et en abscisses la teneur totale en $SiO_2 + Al_2O_3 + Na_2O$, on obtient une forte accumulation de points représentatifs autour d'une droite de pente -9, passant par le point 350°C. 60 %. L'écart maximum ne dépasse pas 50°C. sur le point $T_K 100$ avec les verres exempts de ZnO. En présence de cet oxyde, la valeur approchée, calculée par cette détermination graphique, doit être diminuée de $5p$, si p est la teneur pondérale en ZnO (*fig.* 1 et 2).

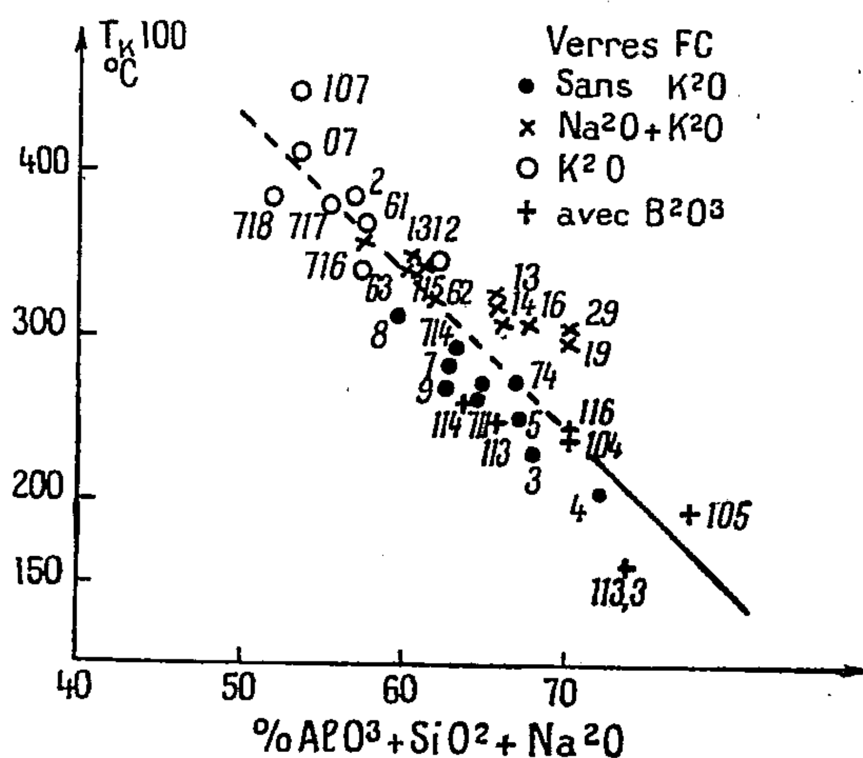


Fig. 1.

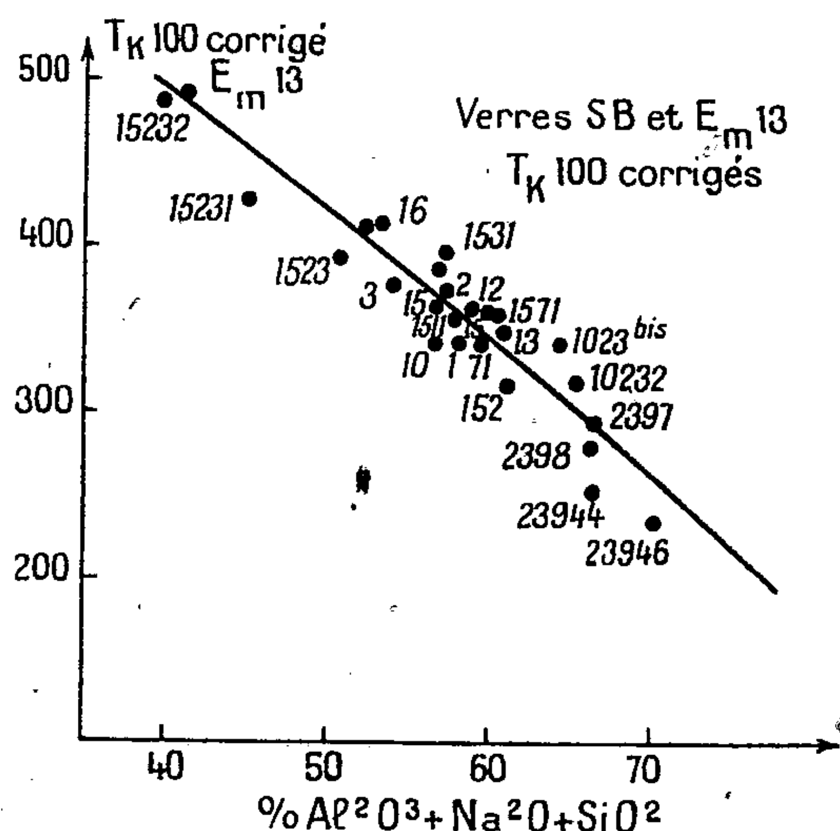


Fig. 2.

Fig. 1. — Verres exempts de PbO. Teneurs en oxydes alcalins $Na_2O + K_2O$ comprises entre 8 et 12,5 pour 100.

Fig. 2. — Verres riches en PbO (25 à 60 pour 100) très pauvres en oxydes alcalins o à 3 pour 100. Certains verres contenant du ZnO. Les $T_K 100$ ont été majorés d'autant de fois 5° C. qu'il y a de pour 100 en ZnO dans le verre.

A l'exception de ZnO, les différents oxydes du type RO ont une action comparable, avec de légères différences toutefois, justiciables du classement suivant


PbO, MgO, BaO, CaO,

où les oxydes placés à droite ont tendance à élever la température $T_K 100$ plus que ceux de gauche.

Il est remarquable que K_2O se distingue essentiellement de Na_2O à l'égard de la résistivité. Dans le domaine de compositions que j'ai étudié, le remplacement de 1 % de Na_2O par K_2O élève la température $T_K/100$ d'au moins 10°. L'effet est d'autant plus sensible que le verre est plus riche en anhydride borique et en oxydes des métaux alcalino-terreux.

B_2O_3 se comporte différemment selon la composition de base, mais peut se ranger en première approximation dans le même groupe que les oxydes divalents.

En dehors de leur intérêt technique, qui était leur premier objet, ces lois empiriques peuvent servir à éclairer le problème de la structure chimique des verres, comme j'essaierai de le montrer dans une prochaine publication.

Les règles précédentes, qui s'appliquent à un milieu fortement ionisé, ne doivent pas être étendues aux verres exempts d'éléments basiques comme ceux des systèmes $SiO_2Al_2O_3$ ou SiO_2, Al_2O_3, B_2O_3, pas plus qu'en dehors des limites de 35 à 70 % de SiO_2.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combustion de l'aluminium dans l'oxygène*. Note (*) de MM. **Jean Cueilleron** et **Hubert Scartazzini**, présentée par M. Louis Hackspill.

Pour étudier la combustion de la poudre d'aluminium dans l'oxygène, nous avons construit un brûleur beaucoup plus simple que le seul qui ait été décrit jusqu'ici (1) et donnant cependant une flamme continue et très stable.

Une vis sans fin disposée horizontalement traverse un réservoir de poudre d'aluminium et entraîne celle-ci vers une canalisation d'oxygène disposée verticalement. Le mélange oxygène-poudre d'aluminium ainsi formé est homogénéisé par passage dans un tube de 12cm de long et de 4mm de diamètre (tube constitué par le prolongement du tube d'amenée d'oxygène) puis, à la sortie de ce tube, allumé par une très petite flamme air-gaz de ville. Cet appareil, sauf, la vis sans fin métallique, est construit en Pyrex; il faut, pour éviter un reflux de l'oxygène dans le tube d'amenée de la poudre, laisser un faible jeu entre la vis sans fin et le tube dans lequel elle tourne. Ce brûleur consomme 16g/mn. de poudre (Prolabo à 99,5 %) préalablement tamisée (passant au tamis de 100) et séchée. Pour que le mélange obtenu soit de composition stœchiométrique, il faut utiliser un débit d'oxygène de 10 l/min.

La flamme produite ne s'entretient pas d'elle-même et l'allumage au gaz doit être maintenu en permanence. Il est aussi possible de provoquer l'allumage en faisant passer le mélange dans une enceinte fortement préchauffée, la flamme est alors moins stable. Cette flamme, qui s'étale sur une longueur de 15cm environ, est d'un blanc éblouissant. Elle comporte un *dard* très brillant, surmonté d'un *panache*. L'alumine résultant de la combustion forme un nuage volumineux constitué par de fines particules.

(*) Séance du 31 janvier 1949.

(1) R. A. Baker and F. M. Strong, *Ind. and Eng. Chem.*, 22, 1930, p. 788.

(2) *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 164.

Nous avons étudié la flamme au spectrographe entre 6000 et 2500 Å. Aux variations d'intensité près, le spectre est le même tout le long de la flamme. Il présente un fond continu émis, selon toute vraisemblance, par des particules solides en suspension dans la flamme (essentiellement Al_2O_3). Sur ce fond continu se détachent :

1° Les bandes δ, β, α, γ et ε de Lecoq de Boisbaudran mentionnées par de Gramont [2] et dont l'émission est généralement attribuée aux oxydes d'aluminium (AlO ?).

2° des raies : le doublet du sodium, les doublets de l'aluminium : 3961-3944 (raies ultimes de de Gramont) et 3092-3082. Ce dernier doublet, connu dans le spectre d'arc, n'a pas encore été signalé dans le spectre de flamme. L'excitation dans notre flamme doit donc être plus grande que les excitations réalisées jusqu'à présent pour l'étude des spectres de flamme de l'aluminium (chalumeau oxy-acétylénique en particulier).

C'est d'ailleurs ce que confirme la détermination des températures de brillance, faite en lumière rouge au pyromètre optique à disparition de filament. Le tableau suivant indique les chiffres obtenus le long de la flamme, au cours d'une série de mesures :

Base de la flamme	2900° C.
à 2cm plus haut	3260
à 4cm »	3060
à 6cm »	2520
à 8cm »	2300
à 10cm »	2230
à 13cm »	2000

Une variation, même faible, dans la composition du mélange provoque une forte chute des températures; c'est ainsi qu'un excès de 2,5 % d'oxygène par rapport à la composition stœchiométrique (47 % d'oxygène) abaisse les températures de brillance de 400° environ.

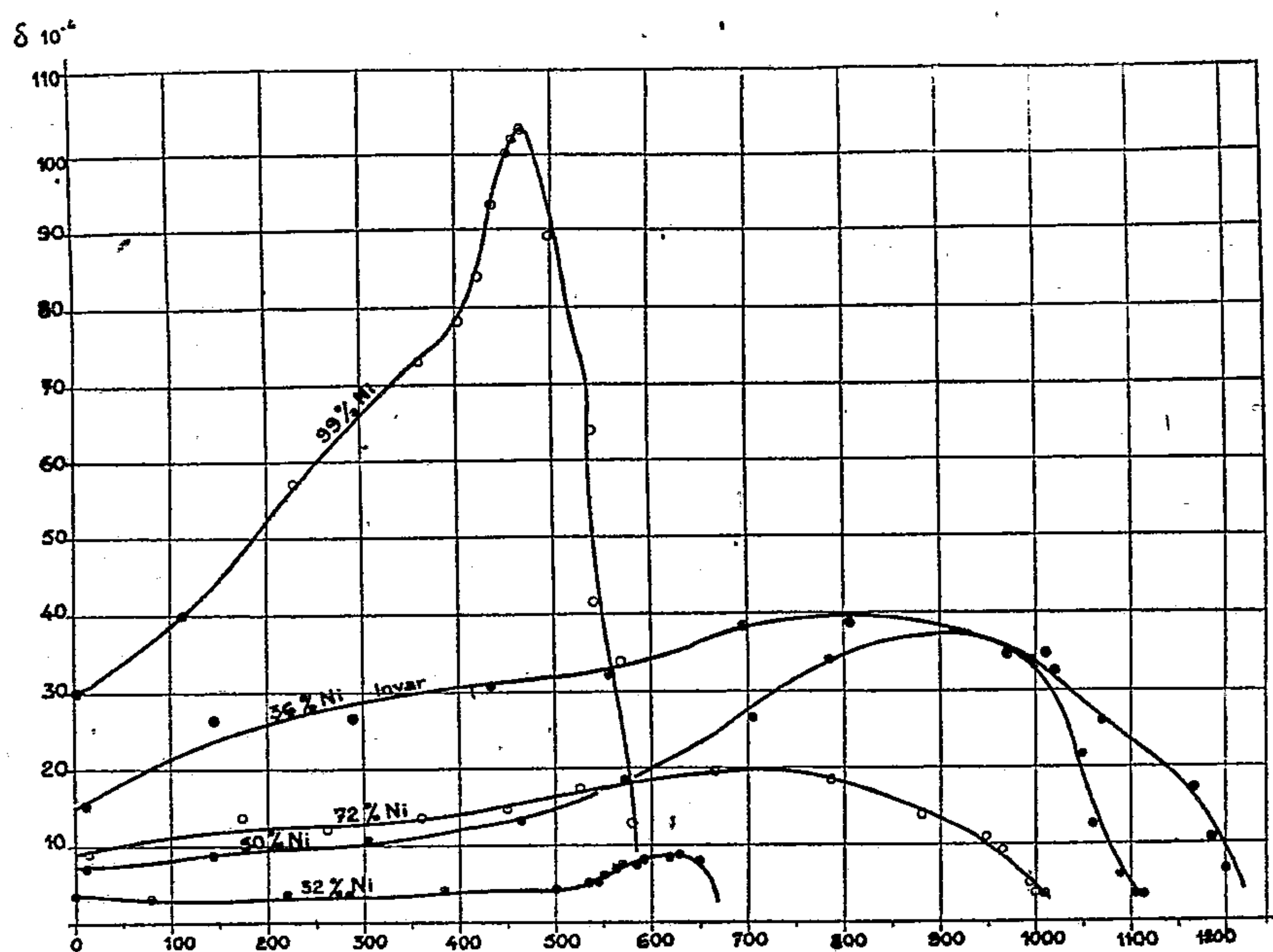
MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence d'un champ magnétique sur le frottement interieur des ferronickels réversibles.* Note (*) de MM. **Charles Apert** et **Robert Cabarat**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Le frottement intérieur des ferronickels réversibles a fait l'objet d'une étude déjà ancienne de M. Chevenard et de ses collaborateurs, pour une aimantation nulle du métal [1] ; aussi avons-nous jugé intéressant de voir ce que devient cette propriété si l'on soumet les barreaux-éprouvettes à un champ magnétique longitudinal.

(*) Séance du 31 janvier 1949.

(1) *Revue de Métallurgie*, janvier 1928.

Ces éprouvettes, fournies par les Aciéries d'Imphy, et dont les teneurs en nickel s'échelonnent de 30 % à 99 %, ont été recuites à 800° pendant 7 heures. Le frottement intérieur a été mesuré à température ambiante, au moyen de l'appareil à vibration longitudinale forcée et à entretien électrostatique imaginé par l'un de nous (2). L'éprouvette cylindrique (diamètre 10^{mm}, longueur 250^{mm}) étant soutenue par 3 points dans le plan qui contient le nœud de vibration, les pertes d'énergie par ébranlement des supports sont pratiquequement nulles. L'amplitude, très faible, des oscillations met en jeu des contraintes de l'ordre de 0,1 kg/mm².



Si l'on coupe l'excitation, l'amplitude des oscillations décroît suivant une loi exponentielle, dont le décrément δ caractérise le frottement intérieur. Ces oscillations sont détectées au moyen d'un microphone électrostatique suivi d'un amplificateur à réponse logarithmique : la courbe « tension de sortie-temps » s'enregistre sous forme d'une droite, dont le coefficient angulaire permet de calculer δ : la précision des mesures est estimée à 5 % environ. L'expérience semble montrer que, sous la très faible amplitude des vibrations, le décrément δ est quasi indépendant de l'élongation initiale, compte tenu de l'incertitude de ± 5 %. Comme ce résultat semble contredire les observations de Snoek(3), de Kornetzki(4), de Boulanger(5), nous nous proposons de reprendre l'étude

(2) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 229.
(3) *Physica*, 1941, n° 7, p. 745-747.
(4) *Zeits. für Physik*, 1943, p. 560-573.
(5) *Comptes rendus*, 226, 1946, p. 1341.

plus approfondie du phénomène dans un proche avenir. Le champ magnétique longitudinal, dont l'intensité peut varier de 0 à 400 œrsteds, est sensiblement uniforme sur la longueur de l'éprouvette.

On constate que le frottement intérieur commence par croître rapidement pour de faibles valeurs du champ, passe par un maximum et décroît ensuite fortement, pour tendre vers une limite pratiquement atteinte sous 300 œrsteds. Les résultats trouvés sont donnés en fonction du champ $\mathcal{H}$ et de la teneur en nickel x : on détermine ainsi la surface

$$\delta = F(x, \mathcal{H}) \quad \text{par ses lignes de niveau } x = \text{const.}$$

La mesure de l'intensité d'aimantation $\mathcal{J}$ en fonction du champ pour chaque éprouvette a permis de construire en outre les courbes $\delta = f(\mathcal{J})$ (*voir* figure) pour les différentes teneurs en nickel : ces courbes mettent également en évidence l'existence d'un maximum de δ. Cette singularité, jusqu'à présent difficile à expliquer, nous semble pouvoir être rapprochée d'une particularité analogue relative à la magnétostriction du fer. Ce sont des exemples suggestifs de l'influence du magnétisme sur les propriétés mécaniques des corps ferromagnétiques.

Signalons que toutes nos mesures ont été effectuées à la pression atmosphérique : sous le vide, on obtiendrait des valeurs notablement plus faibles de δ lorsque celui-ci devient inférieur à 10^{-3}. La vraie valeur limite de δ est donc inférieure à celle que nous avons mesurée.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude aux rayons X de la répartition des dimensions des cristallites dans une poudre cristalline.* Note (*) de M. **Félix Bertaut**, présentée par M. Charles Mauguin.

Grâce à la transformation de Fourier qui réalise la correspondance entre la *densité diffractante* $\rho(m)$ d'un cristal et l'amplitude de diffraction $\mathcal{G}$ (1) l'on peut suivre commodément, comme P. P. Ewald l'a montré par ses travaux (1), les modifications des domaines de réflexion en fonction de certaines grandeurs attachées au cristal telles que la distribution électronique, l'agitation thermique, la forme du cristal, etc., et en particulier *la répartition des dimensions cristallines* qui fait l'objet de cette Note. L'intensité de diffraction $I = |\mathcal{G}|^2$, grandeur observable, est la transformée de F. de la fonction $f(m)$ (2). La *densité diffractante* $\rho(m)$ d'un cristal fini est le produit $\rho_\infty S$ de celle du cristal infini,

$$(1) \qquad \mathcal{G}(X) = \int \rho(m) \exp 2\pi i m X \, dm,$$

$$(2) \qquad f(m) = \int \rho(m - m') \rho^*(m') \, dm'.$$

(*) Séance du 24 janvier 1949.

(1) *Voir* surtout, *Proc. Phys. Soc.*, 52, 1940, p. 167.

soit $\rho_\infty(m)$, par la *la fonction de forme* $s(m)$ (shape function de Ewald), égale à l'unité à l'intérieur du cristal et nulle partout ailleurs. Or la répartition de I dans une raie Debye-Scherrer étant équivalente à celle d'un ensemble de réseaux linéaires ([2]), peut être considérée ([3]) comme la transformée de la fonction $h(m)$ (3) où $s(m)$ est la fonction de forme d'un diamètre (ou rangée) $\mathcal{M}$ du cristal, perpendiculaire à l'élément d'aire $dm_1\, dm_2$ du plan réflecteur (hkl) et mesuré en équidistances $d(hkl)$ ([4]). L'on vérifie aisément la relation importante (4) qui définit la *dimension*

$$(3)\qquad h(m) = \int s(m-m')\,s(m')\,dm'\,dm_1\,dm_2 = \int_{\mathcal{M}\geqq|m|} (\mathcal{M} - |m|)\,dm_1\,dm_2,$$

$$(4)\qquad \frac{I(o)}{\int I(X)\,dX} = \frac{\int h(m)\,dm}{h(o)} = \frac{\overline{\mathcal{M}^2}}{\overline{\mathcal{M}}},$$

apparente des cristallites (*voir* réf. 2). Remplaçons $dm_1\, dm_2$ par la fonction de répartition $g(\mathcal{M})\,d\mathcal{M}$ des diamètres. La dérivée première (5) de $h(m)$ est proportionnelle à la proportion de diamètres (rangées) supérieurs à $|m|$ et *la dérivée seconde* (6) *de* $h(m)$, *transformée de Fourier de l'intensité de diffraction d'une raie* D-S *est proportionnelle à la fonction de répartition* $g(\mathcal{M})$ *des diamètres des cristallites*. Il est en général difficile de construire la deuxième dérivée d'une courbe expérimentale, mais $g(\mathcal{M})$ étant une fonction définie positive, l'on

$$(5)\qquad \frac{\partial h}{\partial m} = -\int_{\mathcal{M}\geqq|m|} g(\mathcal{M})\,d\mathcal{M}$$

$$(6)\qquad \frac{\partial^2 h}{\partial m^2} = g(\mathcal{M}).$$

peut prévoir la forme de $h(m)$ et y lire certaines propriétés de la distribution. $h(m)$ a deux branches symétriques, la branche positive est une fonction monotone décroissante sans point d'inflexion et située d'un même côté de la tangente à l'origine $m = 0$. Celle-ci coupe l'axe des abscisses au point $m = \overline{\mathcal{M}}$. L'ordonnée au point $m = \overline{\mathcal{M}}$ est proportionnelle à l'écart moyen en valeur absolue $\overline{|\varepsilon|}$ (7). L'aire, limitée par $h(m)$, la tangente en $m = 0$ et l'ordonnée $m = \overline{\mathcal{M}}$ est proportionnelle à la fluctuation quadratique par défaut $\overline{\varepsilon_-^2}$ (8), l'aire de $h(m)$ à droite de $m = \overline{\mathcal{M}}$ est proportionnelle à la fluctuation quadratique par excès $\overline{\varepsilon_+^2}$ (9) des diamètres, l'écart quadratique total étant $\overline{\varepsilon_-^2} + \overline{\varepsilon_+^2}$.

([2]) F. Bertaud, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 187.

([3]) A un facteur constant près, sans importance ici.

([4]) Le calcul direct de la transformée de I [réf. 2, rel. (4)] en y abrégeant $X = x\, d \cos\Theta_0/\lambda$ fournit d'ailleurs la même expression (3).

Une distribution symétrique des $\mathcal{M}$ sera caractérisée par l'égalité des aires ainsi définies. La figure (1), où les diverses grandeurs mesurées

$$(7)\qquad \overline{|\varepsilon|}=\int_0^{\overline{\mathcal{M}}}(\overline{\mathcal{M}}-\mathcal{M})\,g(\mathcal{M})\,d\mathcal{M}=\int_{\overline{\mathcal{M}}}^{\infty}(\mathcal{M}-\overline{\mathcal{M}})\,g(\mathcal{M})\,d\mathcal{M},$$

$$(8)\qquad \overline{\varepsilon_-^2}=\int_0^{\overline{\mathcal{M}}}(\overline{\mathcal{M}}-\mathcal{M})^2\,g(\mathcal{M})\,d\mathcal{M},$$

$$(9)\qquad \overline{\varepsilon_+^2}=\int_{\overline{\mathcal{M}}}^{\infty}(\mathcal{M}-\overline{\mathcal{M}})^2\,g(\mathcal{M})\,d\mathcal{M}$$

sont inscrites représente la transformée $h(m)$ de F. de la raie D-S (110) d'une

100
h(+m)
75
50
25
0
20
40
60
m
A
B
C
D

Abscisses : m en équidistances $d_{(110)}$ ($\simeq 2$ Å)
$\overline{\mathcal{M}}$ = OC = 31 $d_{(110)}$ = 63 Å
L = $\mathcal{M}^2/\mathcal{M}$ = 80 Å
$\overline{|\varepsilon|}$ = BC = 20 % de $\overline{\mathcal{M}}$
$\overline{\varepsilon_-^2}$ = 2 ABC/$\overline{\mathcal{M}}$ = 7 % de $(\overline{\mathcal{M}})^2$
$\overline{\varepsilon_+^2}$ = 2 BCD/$\overline{\mathcal{M}}$ = 18,5% de $(\overline{\mathcal{M}})^2$

poudre de fer E à très petites particules. L'on remarque la répartition nettement asymétrique des dimensions $\mathcal{M}_{(110)}$ $(\overline{\varepsilon_-^2} < \overline{\varepsilon_+^2})$.

GÉOLOGIE. — *Les caractères de la faune du calcaire de Vigny.*
Note (*) de M. **André Chavan**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans une Note récente (1), MM. Abrard, Furon, Marie et Soyer, discutant l'âge du calcaire de Vigny, font état d'arguments paléontologiques. Mes obser-

(*) Séance du 31 janvier 1949.
(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 189-190.

vations étant évoquées à ce sujet, je crois intéressant de faire connaître ce qu'actuellement la faune d'Invertébrés permet d'inférer sur l'âge du gisement.

Les deux Céphalopodes cités sont attribués à des espèces l'une et l'autre daniennes et non pas du « Danien-Montien ». Le genre *Hercoglossa* lui-même, cité depuis le Jurassique (Morley Davis), a fourni des espèces crétacées qu'il est difficile de négliger. On peut utiliser la présence à Vigny d'*H. danica* pour une comparaison au calcaire de Faxe où vivait cette espèce, mais non à celui de Mons où elle n'est pas connue.

Les Lamellibranches et Gastropodes sont nombreux. J'ai pu inventorier jusqu'ici 48 espèces, dont seules les suivantes inconnues avant le niveau de Mons : *Semivertagus urania* (d'Orb.), assimilable au *Cerithium unisulcatum* var. A. de Briart et Cornet; *Telescopium* (*Campanilopsis*) *dimorphum* (d'Orb.), paraissant identique à *Cer. Cœmansi* Br. et C., 1872, non 1877; *Campanile hebertianum* (d'Orb.), de même à *Cer. nerineale* Br. et C.; et *Pseudoliva robusta* Br. et C., d'après Dollfus. La présence d'autres éléments de même âge : *Hemisinus bizotanus* (Br. et C.); *Hipponix imbricataria* Br. et C., dont *Capulus consobrinus* d'Orb, semble un peu différent; *Thericium Ortliebi* (Br. et C.); « *Fusus* » *Munieri* Br. et C.; « *Borsonia* » *conoidea* Br. et C., paraît plus incertaine.

Même en admettant comme montiennes toutes ces formes, cela n'en ferait que 9, soit une proportion d'environ 18 %, contrebalancée par l'existence d'au moins autant d'espèces connues de couches plus anciennes : *Botula similis* (Ryckh.); *Lithophaga ciplyensis* (Ryckh.); *Corbis montensis* (Cossm.); *Chama ciplyensis* (Vinc.); *Pleurotomaria penultima* d'Orb. = *montensis* (Vinc.); *Neritopsis multicostata* (Br. et C.); *Calyptræa montensis* (Cossm.); *Campanile maximum* (Binkh.); *Sassia Rutoti* (Vinc.); fossiles de Ciply dont deux proviennent du Maestrichtien et trois seulement se continuent à Mons; sinon encore (Munier): *Lima tecta* (Goldf.); *Chlamys cicatrisata* (Goldf.); *Neithea regularis* (Schloth.), espèces — et genre, pour *Neithea* — inconnues au-dessus du Maestrichtien. A ces éléments datés s'associent de nombreuses formes locales ou spéciales au « pisolithique », constituant 56 % de l'ensemble. Celles qui ont une signification apparaissent généralement archaïques : « *Helcion* » *hebertiana* d'Orb., seulement comparable aux *Anisomyon* et *Brunonia* de la craie; une *Monodontella* proche d'espèces de Faxe et Maestricht; une *Otostoma; Palæocypræa cretacea* (d'Orb.); divers Volutidæ et Fusidæ, le « *Fusus* » *Munieri* même, comparable aux *Piestochilus*.

Si l'on se réfère maintenant aux genres, ils comprennent bien quelques apports mésogéens, mais à part une *Benoistia*, ce sont des types connus au moins dès Ciply (*Chama, Calyptraea, Semivertagus*), la plupart bien avant. Les quelques espèces communes avec Mons n'ont donc guère de signification climatique; il est même symptomatique de noter l'absence d'immigrés connus pourtant dans les termes supérieurs du *pisolithique*, où *Venericor, Miltha, Sigmesalia, Batillaria* ne sont pas rares.

Les Echinides, dont le caractère tertiaire a été affirmé sur référence à

Lambert, se réduisent à un *Goniopygus* « de physionomie crétacée non douteuse » pour cet auteur même, et à un *Cidaris* « montien » retrouvé dans le Crétacé par la suite.

Les Coralliaires sont par contre abondants et rapportés par M. Alloiteau à des formes crétacées franches. Il paraît d'autant moins possible de le contester qu'il n'a pu être trouvé à Vigny d'Anthozoaire caractéristique des formations tertiaires.

Il semble enfin difficile de chercher des Foraminifères *pélagiques* dans un récif de ce type. Il serait souhaitable en tout cas qu'une liste critique comme celle qui a été donnée plus haut pour les Mollusques vienne appuyer l'énoncé des différences.

Je crois opportun de souligner aussi que, si la faune récifale de Vigny peut être qualifiée de *chaude*, rien ne prouve pour autant qu'elle soit *équatoriale* et tranche surtout avec celle d'une craie *froide*. Beaucoup d'organismes n'étant pas conservés dans la craie, le caractère thermique de celle-ci peut être apprécié notamment par ses équivalents néritiques. Or, dès le Campanien, des Rudistes (*Gyropleura*) vivaient en Hollande, ainsi que diverses *Volutidæ*. Ces affinités méridionales s'accentuent nettement au Maestrichtien, *bien que le facies crayeux persiste*, avec *Magas* jusqu'au sommet.

L'état actuel de nos connaissances sur Vigny permet donc d'hésiter entre le Maestrichtien supérieur et le Danien, mais n'autorise guère à parler de faune montienne. Il faut souligner au contraire le caractère plus archaïque des fossiles qu'au Mont Aimé, qu'à Meudon, gisements mieux comparables au calcaire de Mons, bien qu'encore antérieurs (base, *au plus*, du Montien). Même si l'on plaçait avec eux le tuffeau belge de Ciply dans cet étage, sans tenir assez compte de ses éléments crétacés, Vigny resterait encore en dessous, sa faune étant moins évoluée. Hébert ayant trouvé d'autre part au voisinage de Vertus des *fossiles maestrichtiens* bien conservés *en milieu pisolithique*, ceci confirme l'existence de plusieurs niveaux calcaires antérieurs aux marnes de Meudon, elles vraiment montiennes.

GÉOPHYSIQUE. — *Raies permises des atomes neutres d'oxygène et d'azote dans les spectres des aurores.* Note (*) de M. **Jean Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Jusqu'ici l'oxygène et l'azote atomiques n'ont été caractérisés avec certitude, dans les spectres des aurores, que par les raies interdites des atomes neutres (OI, $^1D-^1S$, 5577 Å; $^3P-^1D$, 6300-6364 Å; NI $^4S^0-^2P^0$, 3466 Å; $^4S^0-^2D^0$, 5199 Å). Cependant, Vegard et ses collaborateurs (1), (2) pro-

(*) Séance du 31 janvier 1949.

(1) L. Vegard, *Geofysiske Publikasjoner Oslo*, 12, n° 8, 1938.

(2) L. Vegard et G. Kvifte, *Ibid.*, 16, n° 7, 1945.

posent déjà depuis longtemps d'attribuer un grand nombre de radiations faibles des aurores polaires à des raies permises de OI, OII, OIII, NI, NII et NIII. Mais beaucoup de ces radiations représentent plus probablement des bandes moléculaires (3), (4) et les identifications de Vegard, critiquées par Nicolet (5), ne peuvent être acceptées sans réserve.

2. Pendant l'aurore du 18 septembre 1941, où la raie interdite NI 5199 Å était particulièrement intense, j'ai photographié, avec Tcheng Mao-Lin, à l'Observatoire de Haute-Provence, quelques radiations faibles qui ne semblaient pouvoir correspondre qu'à des transitions permises de NI (6).

Or, en photographiant pour la première fois le spectre d'une aurore de basse latitude dans le proche infrarouge, A. B. Meinel (7) vient d'y mettre hors de doute la présence de raies permises de OI et NI. Il a observé en effet, dans la nuit du 7 au 8 août 1948, à l'Observatoire Lick, les raies suivantes :

7774 Å (40)	OI $3\,^5S^0$-$3\,^5P$, 7772,0(27)-74,2(26)-75,4(25)
8448 (24 s)	OI $3\,^3S^0$-$3\,^3P$, 8446,3(25)-46,8(23)
8684 (40 s)	NI $3s\,^4P$-$3p\,^4D^0$, 8680,2(10)-83,4(8)-86,1(7)
8714 (12)	NI, 8718,8(6)-11,7(7)

Ces radiations sont parmi les plus fortes du domaine observé (6300-8830 Å), mais elles ne figurent pas dans le spectre du ciel nocturne, également photographié par Meinel, où l'énergie d'excitation paraît décidément inférieure à une dizaine d'électron-volts.

Il est légitime d'attribuer, avec le même degré de certitude, la radiation 8216 Å (4*d*), non identifiée par l'auteur et absente dans le spectre du ciel, à la plus forte composante du multiplet NI $3s\,^4P - 3p\,^4P^0$, 8216,3 (6).

3. Cette découverte rend tout à fait probable la présence de raies permises de OI et NI dans d'autres régions spectrales et, en particulier, celle des raies de faible excitation. L'examen critique des attributions de Vegard et Kvifte (2) et des nôtres (6) conduit à retenir provisoirement les identifications ci-après, dont les trois dernières sont sans doute les plus douteuses.

La liste précédente n'est pas limitative, mais la complexité du spectre oblige à une extrême prudence dans la révision de l'origine des radiations aurorales.

4. La présence des raies permises de NI, avec une intensité comparable à celle des raies de OI, apporte une nouvelle preuve de la dissociation des molécules d'azote dans la haute atmosphère, suggérée par la découverte des raies

(3) J. CABANNES et J. DUFAY, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 113.

(4) M. NICOLET, *Report on the Meeting of the Gassiot Committee*, 1946 (*The Physical Society, London*, sous presse).

(5) *Institut Royal Météorologique de Belgique*, Mémoires, II, 1939, p. 1.

(6) *Cahiers de Physique*, Cahier n° 8, 1942, p. 51.

(7) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 60, décembre 1948, p. 373.

interdites 3466 et 5199 Å. Il est fort possible que les raies permises soient, comme la raie 5199 Å, relativement plus intenses, par rapport aux bandes moléculaires, dans les spectres des aurores de basse latitude, qui intéressent des couches très élevées. La comparaison des intensités relatives des raies de NI, de OI et des bandes, dans des aurores de haute et de basse latitude, pourrait sans doute renseigner sur l'altitude où la dissociation de l'azote devient importante.

Aurores.		Attributions.		Superpositions possibles.
4368 Å (V).....	OI	$3^3S^0 - 4^3P$,	4368,3 (10)	–
6454 (V).....	OI	$3^5P - 5^5S^0$,	6456,0 (17)	N_2(IP), 8–5
– ...		–	54,5 (16)	–
– ...		–	53,6 (15)	–
6158 (V).....	OI	$3^5P - 4^5D^0$,	6158,2 (18)	–
– ...		–	56,8 (17)	–
– ...		–	56,0 (16)	–
5332 (V).....	OI	$3^5P - 5^5D^0$,	5330,7 (10)	N_2(A – X), 2–16, 5324
– ...		–	29,6 (7)	–
– ...		–	29,0 (6)	N_2^+, 8–12, 5330 ? (4)
4223 (V).....	NI	$3s^4P - 4p^4P^0$,	4223,0 (5)	–
4935 (V, D)...	NI	$3s^2P - 4p^2S^0$,	4935,0 (10)	–
4916 (V).....	NI	$3s^2P - 4p^2S^0$,	4914,9 (5)	N_2(2P), 1–7, 4916,8 ? (8)
4112 (V).....	NI	$3s^2P - 3p'^2D^0$,	4110,2 (12)	
4358 (D).....	NI	non classées	4358,3 (10)	N_2(2P), 4–9, 4355,0 ?
4317,7 (D).....	NI	non classées	4317,7 (5)	N_2(A – X), 1–13, 4319 (9)
4313,5 (D).....	NI	non classées	4313,1 (4)	–
4305 (V, D)...	NI	non classées	4305,5 (6)	–

(V = Vegard, D = Dufay).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La synthèse du tryptophane par les plantules isolées. Comparaison avec le pouvoir de synthèse de* Sterigmatocystis nigra. Note de Mme **Francine Charconnet-Harding** et M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. Raoul Combes.

Nous avons confirmé avec *Pisum* et *Triticum* le fait précédemment signalé pour *Phaseolus*, à savoir que la germination normale ne s'accompagnait d'aucune synthèse de tryptophane (1). Les chiffres suivants montrent la constance de cet aminoacide pendant les premiers jours de la germination.

---

(8) Cette radiation ne peut être identifiée, comme l'ont fait Vegard et Kvifte à NI 4114,0, la plus faible du multiplet.

(9) Aucune bande A-X n'est visible sur le même cliché.

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1576 et *Arch. Physiol.*, 1, 1947, p. 117.

Teneur en tryptophane par graine (γ).

	Blé.	Pois.
Graine au repos..............	45	390
Après 1 jour de germination....	47	384
» 2 » »	45	378
» 4 » »	44	397

Comme cependant la plantule elle-même s'enrichit, nous pouvons conclure que c'est au détriment des cotylédons. Il y a simple transfert et non synthèse. D'autre part des études poursuivies sur plantules isolées cultivées aseptiqument sur milieu synthétique nous avaient montré que celles-ci s'avéraient incapables de réaliser la synthèse du noyau indol à partir d'une source d'azote *minéral* : après douze jours de culture sur NO_3K, malgré un accroissement pondéral de 100 % et une augmentation du taux azoté total de 60 %, les teneurs en tryptophane demeuraient strictement identiques à celle du germe de la graine au repos ([1]). Dans ces conditions, quels sont les précurseurs qui permettent la synthèse du noyau indol dans les premiers stades du cycle végétatif ? Nous rapportons sous forme de tableau nos observations à ce sujet.

Milieu (glucose et Knop). +	Conditions.	Tryptophane par plantule (γ).	Azote par plantule (γ).	Tryptophane en % de protides.
Germe au repos..........	–	32	635	0,85
NO3K	lumière	33	1050	0,52
	obscurité	35	1050	0,55
NO3K + acide nicotinique	lumière	34	1020	0,55
	obscurité	35,5	1020	0,58
Hydrolysat de caséine sans tryptophane	lumière	77	1960	0,65
	obscurité	48	1460	0,54
Hydrolysat de caséine avec tryptophane	lumière	117	2286	0,85
	obscurité	84	1724	0,81
Id. + autolysat de levure	lumière	91	1903	0,79
	obscurité	71	1670	0,70

Alors que la plantule isolée ne peut construire le noyau indol à partir d'azote nitrique, la synthèse est certaine à partir d'un mélange d'acides aminés privé de tryptophane. A l'obscurité l'augmentation avoisine 40 % ; à la lumière l'enrichissement atteint 120 %. L'adjonction de tryptophane au milieu entraîne un nouveau gain, ce qui démontre que la plantule peut absorber en nature le noyau indol. Enfin nous voyons que les vitamines du groupe B (acide nicotinique ou autolysat de levure) n'interviennent aucunement dans la synthèse du tryptophane par les plantules. Comme dans nos essais, celle-ci ne s'observe qu'à partir d'azote aminé, on peut, à titre d'hypothèse de travail, imaginer qu'à partir de l'azote minéral la plante réalise d'abord et uniquement

la synthèse d'acides aminés aliphatiques, puis dans un second temps celle du noyau indol à partir de ces corps. Chez les végétaux supérieurs, la croissance chimique, tout au moins en ce qui regarde les protides, serait un processus discontinu, les synthèses azotées ne portant pas nécessairement sur l'ensemble des composés. Un tel comportement est à opposer à celui de *Sterigmatocystis nigra*.

En effet, quelle que soit pour cette Mucédinée la nature de l'azote alimentaire, quel que soit le taux d'azote total du mycélium que l'on peut faire varier expérimentalement de 7 à 2 %, le rapport tryptophane/protides totaux demeure pratiquement constant et voisin de l'unité, comme le montrent quelques exemples :

	Milieu à $NO_3(NH_4)^2$.			Milieu à la glycine.			Milieu à l'asparagine.		
N % poids sec........	6,82	4,65	2,31	8,05	4,13	2,45	6,39	3,61	3,46
Tryp. % poids sec....	0,41	0,33	0,16	0,52	0,31	0,17	0,45	0,25	0,18
» protides.....	0,96	1,13	1,10	1,02	1,20	1,14	1,12	1,11	1,19

En résumé, dans nos expériences les plantules isolées ne peuvent réaliser la synthèse du noyau indol qu'à partir d'azote aminé à l'exclusion de l'azote minéral. On en déduit que, chez les végétaux supérieurs, la synthèse des aminoacides est discontinue et que le tryptophane se forme secondairement à partir des acides aliphatiques. Au contraire, on observe chez *Sterigmatocystis nigra* une corrélation dans la synthèse des formes azotées en ce sens que toute variation de N total s'accompagne de variations parallèles du tryptophane.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Extraction et analyse des gaz internes des fruits charnus*. Note de M. **Roger Ulrich**, présentée par M. Raoul Combes.

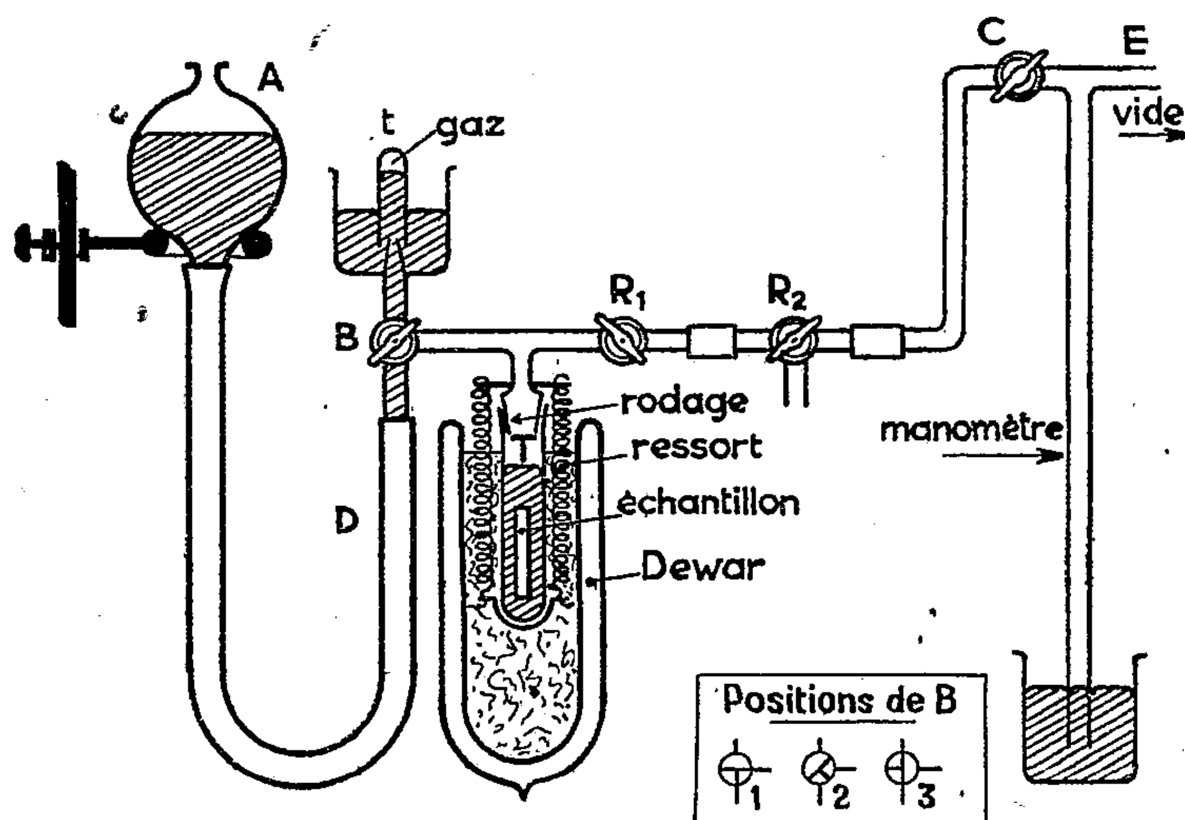
Pour la plupart des cellules d'un organe végétal massif tel qu'un fruit, le milieu ambiant correspond à l'atmosphère interne des méats et lacunes. Les conditions de ce milieu (température, humidité, pression, composition) influencent grandement le métabolisme.

Plusieurs auteurs ont publié antérieurement des études sur les gaz internes des fruits charnus, en particulier Devaux ([1]), Magness ([2]), Ekambaram ([3]), Wardlaw et Léonard ([4]), Trout et ses collaborateurs ([5]), Hansen ([6]), Smith ([7]).

(1) *Rev. gén. Bot.*, **3**, 1891, p. 49; *Ann. Sc. Nat. Bot.*, S. 7, **14**, 1891, p. 297.
(2) *Bot. Gaz.*, **70**, 1920, p. 308.
(3) Dissert. Cambridge, 1922.
(4) *Low Temp. Res. Stat.*, Trinidad, oct. 1939.
(5) *The austral. Journ. of exper. Biol. and med. Sci.*, **20**, 1942, p. 219.
(6) *Botan. Gaz.*, **103**, 1941, 42, p. 543.
(7) *Ann. Bot.*, **11**, 1947, p. 363.

Les méthodes préconisées pour obtenir le gaz destiné à l'analyse reposent sur deux principes différents : tantôt on fait une extraction par le vide, tantôt on greffe sur l'organe étudié, au niveau d'une blessure, un petit récipient clos dont l'atmosphère se met peu à peu en équilibre avec les tissus. La technique que nous décrivons ici est fondée sur le premier de ces principes.

L'appareil utilisé est figuré schématiquement ci-dessous. Décrivons les temps successifs d'une mesure.



1° *Préparation de l'échantillon.* — Le fruit étudié est lavé, puis immergé dans l'eau bouillie. Un prisme de parenchyme est prélevé sous l'eau dans une région définie, puis introduit dans le tube à rodage T préalablement séparé du reste de l'appareil et rempli d'eau. Au cours de ces opérations, les entrées d'air sont complètement évitées. Le tube T retourné (orifice en haut) reçoit ensuite du mercure en quantité suffisante pour recouvrir le fragment de fruit qui est maintenu au sein du liquide à l'aide d'un ressort. L'eau est éliminée, puis le tube T est étroitement adapté à la partie fixe de l'appareil grâce au rodage.

2° *Extraction des gaz.* — Il s'agit d'abord de vider l'air des canalisations de l'appareil en évitant d'entraîner avec lui les gaz des tissus. Dans ce but, le tube T est immergé dans un mélange réfrigérant à — 80° (neige carbonique + acétone) jusqu'à congélation des tissus et du mercure, ce qui nécessite quelques minutes. Ensuite le robinet B étant fermé, on fait le vide dans les canalisations à l'aide de la pompe de B à E et dans le tube T. Enfin, le robinet R_1 étant fermé, le tube T est réchauffé et les bulles de gaz s'échappent des tissus.

3° *Transvasement des gaz.* — L'ampoule à mercure A est levée et le robinet B ouvert en position 1; du mercure vient remplir partiellement le tube T et mettre en surpression le gaz accumulé à sa partie supérieure. Le rodage reste collé grâce aux ressorts figurés sur le schéma. L'ampoule A est ensuite abaissée au maximum; le volume des gaz augmente et quelques bulles

passent entre B et D. Le robinet B est placé en position 2; l'empoule est remontée progressivement, puis on passe à la position 3; on voit alors le gaz se dégager dans le petit tube *t* préalablement rempli de mercure. Les opérations d'extraction et de transvasement, répétées plusieurs fois, permettent d'envoyer quelques nouvelles bulles de gaz en *t*.

4° *Analyse.* — Le tube *t* garni d'environ 1/2 à 1$^{cm^3}$ de gaz est transporté sur la cuve à mercure de l'appareil de Bonnier et Mangin, puis analysé.

Citons à titre d'exemples quelques valeurs obtenues en appliquant la méthode décrite à des pommes Calville gardées au laboratoire sans précautions spéciales depuis la cueillette (15 octobre); les prélèvements ont été faits à la température ordinaire, à peu près à mi-distance entre l'épiderme externe et les loges :

18 novembre : fruit vert; CO_2 : 3,9 %, O_2 : 16,2 %;
26 novembre : fruit vert-jaune, mûr; CO_2 : 6,2 %, O_2 : 13,3 %;
2 décembre : fruit jaune, mou, fade; CO_2 : 6,9 %, O_2 : 13,9 %;
17 décembre : fruit jaune, très mou; CO_2 : 7,8 %, O_2 : 10,1 %.

La méthode décrite permet, grâce à la congélation, de faire le vide dans les canalisations de l'appareil et de supprimer les échanges gazeux pendant la durée des manipulations. Le gaz extrait comprend non seulement l'atmosphère des méats et lacunes mais une partie au moins des gaz dissous. La rapidité des opérations (la congélation des tissus nécessite 20 à 30 secondes) permet de supposer que si le refroidissement et l'agonie qui précèdent le gel modifient les échanges gazeux, l'erreur qui peut en résulter est certainement très faible. Il n'est pas douteux que les blessures indispensables au prélèvement de l'échantillon lorsqu'il s'agit de gros fruits risquent d'apporter une perturbation; nous nous proposons dans des recherches ultérieures d'appliquer la méthode à des espèces à petits fruits.

BOTANIQUE. — *Les paraphyses de* Polypodium vulgare *et la sous-espèce* serratum. Note (*) de M. **Pierre Martens**, présentée par M. Louis Blaringhem.

J'ai signalé en 1943 ([1]) chez *P. vulgare* la présence de paraphyses glanduleuses d'un type particulier, ramifiées unilatéralement, sur les exemplaires recueillis en Afrique du Nord et dans plusieurs îles méditerranéennes et atlantiques. Je n'avais pu alors, faute de matériel, préciser la valeur systématique de ces organes et les limites géographiques éventuelles des formes ainsi caractérisées. Le matériel reçu depuis, de nombreux Jardins Botaniques (plusieurs centaines de spécimens, de toute provenance et qui tous

(*) Séance du 31 janvier 1940.
([1]) *Bull. Jd. Botan. de l'État* (Bruxelles), 17, 1943, p. 1-14, 2 fig.

ont fait l'objet d'un examen microscopique), nous a permis de pousser cette étude beaucoup plus loin. Sans entrer dans des détails réservés pour une publication ultérieure, je donnerai ici sommairement, à titre préliminaire, l'essentiel de mes résultats.

1° Ces paraphyses ont été retrouvées sur des échantillons des régions suivantes : Angleterre, France, Suisse, Péninsule Ibérique, Italie, îles méditerranéennes, Dalmatie, Grèce, Tunisie, Algérie, Maroc, Canaries, Madère, Açores. Elles sont *toujours* absentes des échantillons recueillis dans *toutes* les autres régions, européennes, africaines, asiatiques ou américaines (Nord et Sud).

2° La localisation des formes pourvues de paraphyses correspond, dans l'ensemble et à première vue, à l'aire géographique de la sous-espèce (ou variété) *serratum*, forme essentiellement méditerranéenne et caractéristique des stations de l'Europe méridionale. Cette correspondance se dégageait déjà clairement des données de mon étude de 1943. Mais je me suis contenté alors de poser la question en réservant la réponse définitive, et pour cause : Je n'osais pas encore admettre que ces formations auraient pu complètement échapper aux observations de tous les spécialistes, lors des multiples analyses (mêmes microcospiques!) des variétés et formes méditerranéennes. Aucun doute n'est plus permis maintenant : c'est ce qui s'est passé. Ces paraphyses caractériseraient donc la ssp. *serratum* et en permettraient la distinction d'avec les autres sous-espèces ou variétés, tout comme la présence d'organes glanduleux tout différents et d'origine sporangiale permettent maintenant de distinguer *P. vulgare* de la var. (ou sp.) *virginianum* (²). Nous savons déjà que des spécialistes, suite à notre précédente étude, utilisent le caractère à cet effet (Rothmaler, Manton, de Litardière, *in litt.*).

3° Le caractère distinctif nouveau, malgré certains inconvénients dus à la rareté relative de ces organes dans certains spécimens, est d'autant plus précieux que les autres, invoqués jusqu'ici, sont fort discutés, souvent d'une évidente fragilité et l'objet de constants désaccords entre les auteurs. C'est le cas notamment pour le nombre des cellules de l'anneau et, plus encore, pour le nombre de bifurcations des nervures secondaires, que de multiples vérifications m'obligent à tenir comme sans valeur systématique. Quant aux formes extérieures, on sait que les ssp. *vulgare* et *serratum* « offrent un parallélisme variétal à peu près complet » (Farquet).

4° Le problème n'est cependant pas aussi simple qu'il pourrait paraître. Tous mes spécimens à paraphyses figurent bien dans l'aire attribuée au *serratum* et beaucoup sont déterminés comme tels. Ceux qui ne sont déterminés que *P. vulgare* dans les herbiers d'origine peuvent aussi y être rapportés sans difficultés. Les échantillons attribués à d'autres variétés ou formes : *acuti-*

(²) *Bull. Jd. Bot. Bruxelles, loc. cit.* et « *La Cellule* », 49, 1943, p. 383.

lobum, attenuatum, australe, brevipes, caprinum, commune, genuinum, lobatum, macrophylla-dentata, ovatum, pinnatifidum, platylobum, prionodes, Tenériffæ (une quarantaine d'échantillons de France, d'Italie, des îles méditerranéennes et atlantiques, d'Espagne) sont un peu plus embarrassants, mais guère toutefois, si l'on tient compte du 3° ci-dessus et de la conclusion de Farquet. Quant aux spécimens *de la même aire* géographique, mais non déterminés *serratum* et dépourvus de paraphyses, on peut, de fait, les rapporter à d'autres ssp. ou var., avec une réserve pour quelques cas où les paraphyses, trop rares, n'auraient pu être retrouvées. Il reste toutefois les spécimens déterminés *serratum* et totalement *dépourvus* de ces organes. J'en ai relevé une bonne vingtaine, provenant de Belgique, d'Allemagne, de France, d'Italie et d'Angleterre, et presque tous dans la partie septentrionale de l'aire attribuée au *serratum*. Leur examen me porte à admettre que les paraphyses constituent un caractère distinctif plus formel que les précédents, et à rectifier au moins la plupart de ces déterminations, sinon toutes. Mais la difficulté est réelle pour certains d'entre eux, principalement pour les spécimens d'Angleterre, où 8 sur 10 sont jusqu'ici dans ce cas (ex. Jard. Bot. Kew).

Quoique ces observations nous amènent à de nombreuses et gênantes rectifications de déterminations, même faites par d'excellents spécialistes, il semble, que la présence ou l'absence de paraphyses doivent, malgré tout, constituer le caractère distinctif le plus sûr dont nous disposons actuellement, et auquel les autres devront rester partiellement subordonnés. A moins que les recherches caryologiques, actuellement entreprises par I. Manton à Leeds, sur *P. vulgare*, ne viennent à s'y opposer, et rien ne le fait prévoir, la détermination ne sera assurée que pour les spécimens porteurs de ces organes.

Notons qu'en Italie, la présence ou l'absence de paraphyses, et donc la localisation de la ssp. *serratum*, est singulièrement liée aux conditions géographiques : *absence* régulière dans les stations continentales alpines (et dans quelques chaînes péninsulaires, prolongeant les Alpes vers le Sud), *présence* dans toutes les stations côtières ou insulaires. Dans la péninsule ibérique, le partage des zones est beaucoup moins net.

PHYSIOLOGIE. — *Un supplément de méthionine peut-il prévenir l'arrêt de croissance provoqué, chez le Rat, par un excès d'amide nicotinique dans le régime alimentaire?* Note de Mme Lucie Randoin et M. Jean Causeret, présentée par M. Robert Courrier.

Pour Handler et Dann [1], l'inhibition de la croissance provoquée, chez le jeune Rat, par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique (1 % du régime), serait due à l'épuisement des réserves de groupements *méthyle* dont dispose

[1] *Journ. of biol. Chem.*, 146, 1942, p. 357.

l'organisme de l'animal, cet épuisement ayant lui-même pour origine une augmentation de la synthèse et de l'excrétion urinaire des dérivés méthylés de la vitamine PP (trigonelline, N-méthylnicotinamide). A l'appui de leur hypothèse, ces auteurs invoquent le fait qu'ils auraient réussi à prévenir l'arrêt de croissance en administrant à certains de leurs animaux un supplément de *méthionine*, dont le rôle serait de fournir les groupements chimiques nécessaires à la méthylation de l'amide nicotinique.

Handler et Dann ont utilisé un régime pauvre en caséine ([2]) qui n'assure, chez le Rat, qu'un gain de poids quotidien moyen de $1^g,10$. L'addition d'un supplément de *méthionine* à ce régime (0,6 %), élève le gain de poids à $1^g,63$, celle de 1 % d'*amide nicotinique* l'abaisse à $0^g,13$; mais l'adjonction de méthionine en plus de la nicotinamide le ramène à $1^g,20$.

Nous ne pensons pas que ces seuls résultats permettent d'admettre les conceptions de Handler et Dann : si le régime qu'ils ont employé est insuffisamment riche en méthionine, faut-il, en effet, s'étonner que l'administration de cet acide aminé aux animaux améliore leur croissance, *qu'ils reçoivent ou non de fortes doses d'amide nicotinique?*

Ayant nous-mêmes interprété tout différemment l'arrêt de croissance et les autres troubles provoqués chez le Rat par l'ingestion de fortes doses d'amide nicotinique ([3]), il nous a semblé intéressant de reprendre les recherches de Handler et Dann en employant deux régimes, l'un riche, l'autre pauvre en caséine (21 % et 10 %).

	Régime A (%).	Régime B (%).
Caséine	21	10
Graisse de beurre	4	10
Amidon	66	71
Mélange salin d'Osborne et Mendel	4	4
Levure sèche	5	5
Papier filtre	à volonté	à volonté

Nous avons suivi la croissance, pendant 30 jours, de 48 rats de 40 à 50^g répartis en huit lots soumis aux régimes A et B, donnés seuls ou complétés de la manière qui est indiquée dans le tableau ci-après.

1° La comparaison des gains de poids des animaux des *lots* III et IV d'une part, III' et IV' d'autre part, montre que la méthionine ne prévient pas l'arrêt de la croissance dû à de fortes doses d'amide nicotinique. Tout au plus améliore-t-elle très légèrement le gain de poids des animaux lorsqu'elle est introduite dans le régime B.

([2]) Caséine, 10; huile de coton, 10; saccharose, 73; mélange salin, 77; huile de foie de morue, huile de germe de blé, vitamines du groupe B, méthylnaphtoquinone.

([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 367 et 399.

	Lots	Caséine %.	Amide nicotin. %.	*dl*-Méthionine %.	Gain de poids moyen (g/jour).
Régime A	I	21	–	–	4,11
	II	21	–	0,6	3,80
	III	21	2	–	0,09
	IV	21	2	0,6	0,10
Régime B	I′	10	–	–	3,06
	II′	10	–	0,6	3,92
	III′	10	2	–	0,15
	IV′	10	2	0,6	0,55

2° La comparaison des gains de poids des animaux des *lots* I et II d'une part, I′ et II′ d'autre part, montre que, si le régime A donné seul contient une quantité suffisante de méthionine, il n'en est pas de même du régime B. Pourtant, ce dernier en est plus riche que le régime employé par Handler et Dann, puisqu'il contient, en plus de la caséine (à 10 % dans les deux cas), un supplément non négligeable de protéines de levure. En conséquence, lorsqu'on administre de fortes quantités d'amide nicotinique à des animaux dont le régime ne contient que 10 % de caséine comme source de protides, on a une double raison d'obtenir une inhibition de la croissance : insuffisance de méthionine, excès d'amide nicotinique.

Conclusion. — D'après nos expériences, un supplément de méthionine est incapable de prévenir l'arrêt de croissance provoqué, chez le jeune Rat, par de fortes doses d'amide nicotinique dans le régime. Nous pensons que les auteurs qui ont avancé l'opinion contraire avaient employé un régime de base insuffisamment riche en méthionine.

ENTOMOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Réactions de défense chez les chenilles de Fausses teignes des ruches, parasitées par un Sporozoaire* (Cœlogregarina ephestiæ. *Ghél.*). Note (*) de M. **Constantin Toumanoff**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les réactions cellulaires observées dans l'organisme d'insectes à la suite d'injections microbiennes sont, pour ne citer que les principales : la phagocytose et l'encapsulation des microbes, puis leur destruction totale dans des *nodules* ou *capsules* de la cavité générale [Métalnikoff (1); Hollande (2) et autres]; l'englobement des microbes par les phagocytes et la formation de *plasmodes* constitués par des leucocytes contenant les microorganismes peu ou pas

(*) Séance du 31 janvier 1949.
(1) *Arch. Sc. Biol. Saint Pétersbourg*, **13**, 1907, p. 300.
(2) *C. R. Soc. de Biol.*, **102**, 1929, p. 384.

déformés, qui passent, de la chenille infectée, dans la chrysalide, puis dans le papillon [cas d'injection de *Mycobacterium lepræ* aux chenilles de *Galleria melonella* L.) (Métalnikoff et Toumanoff ([3])]; l'incorporation des germes dans des nodules, après la phagocytose, puis leur destruction lente et partielle

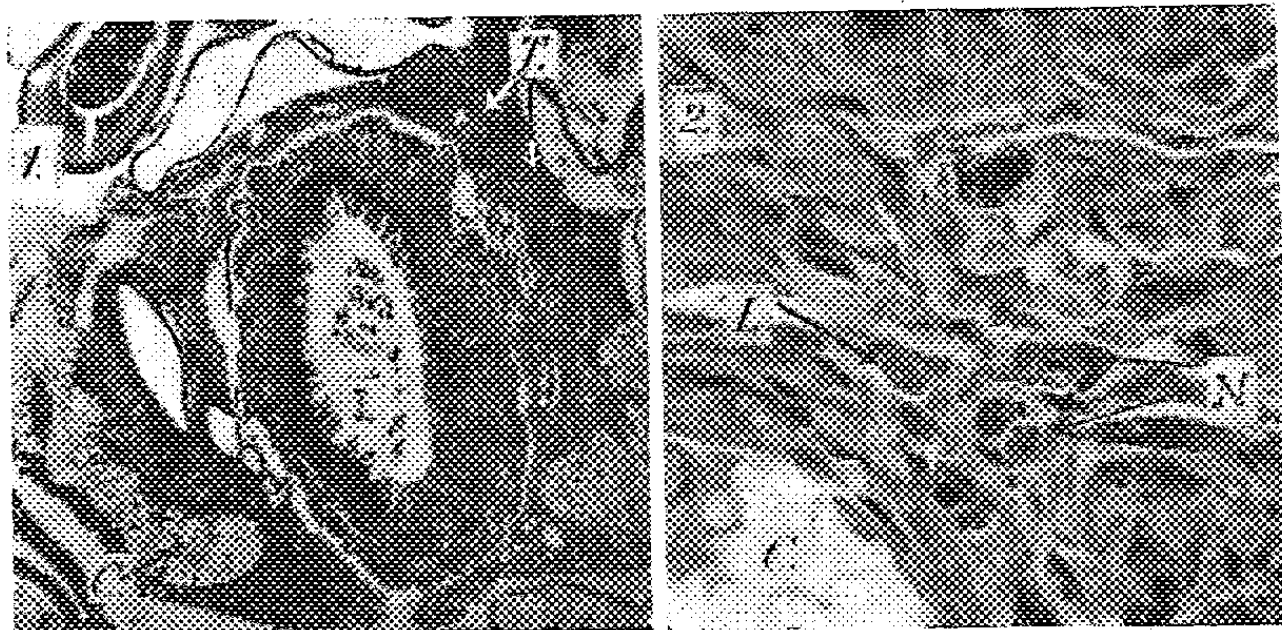


Fig. 1. — Portion d'une coupe transversale d'une chenille de *Galleria melonella*. I, intestin; C, corps gras; T, tissu de néoformation (Gr. appr. : 55).

Fig. 2. — Vue détaillée d'un fragment de tissu de néoformation. C, corps gras; N, noyaux des cellules composant le tissu; L, leucocyte ayant conservé l'apparence normale (Gr. appr. : 575).

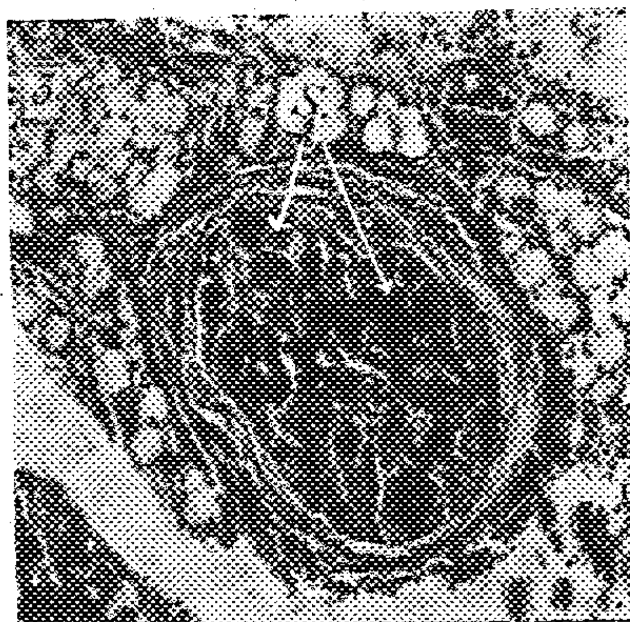


Fig. 3. — Le nodule leucocytaire avec à l'intérieur de nombreux sporocystes (s). Les formes jeunes assez nombreuses n'apparaissent pas sur la photographie (Gr. appr. : 55).

après un délai prolongé [cas d'inoculation de *Mycobacterium tuberculosis* à *Carausius* (*Dixippus*) *morosus* Br. et Redt. Toumanoff, 1925 ([4])]; la phagocytose, puis une longue persistance des bactéries dans les leucocytes isolés [injection de *Bacterium tumefaciens* au *Carausius*, Toumanoff, 1925 ([5])].

Les réactions cellulaires chez les insectes infectés par les protozoaires,

([3]) *C. R. Soc. de Biol.*, 30, 1923, p. 935.
([4]) *C. R. Soc. de Biol.*, 92, 1925, p. 14.
([5]) *C. R. Soc. de Biol.*, 93, 1925, p. 482.

à en juger par les ouvrages récents de Pathologie des insectes, ne sont que peu étudiées ([6]).

J'ai présenté récemment la description d'une épizootie constatée chez les chenilles de fausses Teignes, et due à *Cœlogregarina ephestiæ*. Ghél. ([7]).

En étudiant le sang d'insectes infectés, j'ai observé la phagocytose des gamontes et leur destruction dans le protoplasme des leucocytes. Dans la cavité générale de chenilles d'*Achrœa grisella* parasitées, j'ai décelé la présence de *nodules* ou *capsules*, analogues à ceux décrits chez les insectes infectés de microbes divers et qui contenaient de nombreux sporocystes et des formes jeunes de Schizogrégarines. Certains sporocystes englobés étaient déformés, d'autres normaux, autant qu'on en pouvait juger par l'examen des coupes. La plupart des formes jeunes présentaient un aspect normal.

Chez les chenilles de *Galleria melonella* infectées par *Cœlogregarina*, j'ai pu mettre en évidence l'existence d'un tissu réactionnel particulier, que je n'ai pas observé chez les chenilles normales.

Il s'agissait d'une néoformation dont les éléments cellulaires, fusionnés ou fortement serrés les uns contre les autres, donnaient l'apparence d'un tissu compact entourant l'intestin et, par endroits, en contiguïté avec le corps gras. Dans ce tissu, j'ai vu çà et là des parasites et aussi des cellules isolées ayant l'aspect de leucocytes.

Cette néoformation, qui semble résulter de l'agglomération dense des phagocytes, de même que les *capsules*, n'a jamais été, à ma connaissance, décrite chez les insectes parasités par des Sporozoaires.

Ces deux réactions constituent donc des exemples nouveaux d'une réaction cellulaire de l'immunité à l'égard d'un Protozoaire, provoquant une infection mortelle chez les Insectes.

BIOLOGIE. — *Sur la croissance d'*Oxychilus lucidus *Drap.* (*Mollusque Pulmoné, Zonitidé*). Note de Mlle GISÈLE PIGNON, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude de la croissance pondérale, dans les conditions optima, chez diverses espèces de Gastéropodes, Arionidés ([1]), Limacidés ([2]) et Hélicidés ([3]), a montré l'existence de *phases de croissance* en corrélation avec des étapes importantes du développement de l'appareil génital et de la coquille. J'ai entrepris, du

---

([6]) A. PAILLOT, *L'infection chez les insectes*, 1933; E. A. STEINHAUS, *Insect Microbiology*, *Comstock Publ. Com. Inc. Ithaca*. N. Y., 1946.

([7]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1274-1276.

([1]) M. ABELOOS, *Bull. Biol. France-Belgique*, 78, 1944.

([2]) M. ABELOOS, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 159 et 220, 1945, p. 62.

([3]) J. DEFAYE, *Ibid.*, 220, 1945, p. 411 et 476

même point de vue, l'étude d'une espèce omnivore de la famille des Zonitidés, *Oxychilus lucidus* Drap.

A la température constante de 15° et dans un milieu saturé d'humidité, le développement complet d'une génération est obtenu en 7 mois environ. Il se subdivise en trois phases successives :

1° Une phase *infantile*, durant environ 2 mois 1/2, s'étendant de la naissance (poids moyen $1^{mg},5$; coquille à 2 tours de spire) à un poids de 50 à 60^{mg} et définie par un taux de croissance (accroissement journalier du log. du poids) de 0,02, c'est-à-dire un doublement du poids tous les 15 jours. Durant cette phase, le tractus génital reste infantile.

2° Une phase *juvénile*, durant environ 2 mois, conduisant à un poids de 180 à 200^{mg} (coquille à 4 tours 1/4 de spire) et définie par un taux de croissance plus faible (0,01). Durant cette phase, les diverses parties de l'appareil génital se différencient. L'appareil génital, dans son ensemble, présente une allométrie légèrement majorante par rapport au poids du corps.

3° Une phase de *maturité*, définie par un nouvel abaissement du taux de la croissance, par le fonctionnement de la glande génitale (décelé par l'opacité du canal hermaphrodite), par le développement des glandes accessoires du tractus génital : glande de l'albumine, glande de l'oviducte et glande vaginale qui, chez les Zonitidés, remplace les glandes multifides. La glande de l'albumine, seulement ébauchée jusque-là, présente, à partir du début de la phase de maturité, une croissance allométrique très fortement majorante par rapport au reste de l'appareil génital. La ponte se produit au cours de cette phase et se traduit par une diminution de poids de la gonade. L'adulte atteint un poids de 500^{mg}, avec une coquille à près de 6 tours de spire et meurt après une seule période de ponte.

La coquille, mince, ne montre pas de variation morphologique ni de variation allométrique en relation avec les phases de croissance : elle représente, durant tout le cours du développement, environ 20 % du poids du corps.

Ainsi, *Oxychilus* offre un plan de croissance à trois phases, homologue de celui de la majorité des Arionidés, Limacidés (sauf *Agriolimax*) et Hélicidés (sauf *Helix aspersa*).

Mais, par la corrélation nette qui s'observe entre le fonctionnement de la glande hermaphrodite et le développement des organes glandulaires du tractus génital, *Oxychilus* se rapproche des Arionidés et Limacidés et s'éloigne au contraire des Hélicidés (*H. aspersa*), chez lesquels le développement glandulaire est progressif et déjà marqué au cours de la phase juvénile ([3]). De plus, le taux de la croissance infantile d'*Oxychilus* (0,02 à 15°) se rapproche beaucoup plus de celui des Arionidés (0,03 à 20°) et Limacidés (0,01 à 0,02 à 20°) que de celui des Hélicidés (0,004 à 0,007 à 15°). Les caractéristiques de la croissance se montrent ainsi en accord avec les données de la systématique.

BIOLOGIE. — *Parthénogenèse expérimentale chez la Brebis*. Note de MM. **Charles Thibault** et **Robert Ortavant**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'un de nous (Thibault, 1947*a*, 1947*b*, 1948) (¹) a montré que presque tous les ovocytes de Lapine ou de Rate, refroidis pendant quelques minutes à 0° C., étaient activés. Mais tandis que dans les œufs de Lapine activés, on observe *souvent* la reconstitution d'un noyau diploïde à partir des diades du second fuseau de maturation, sans qu'il y ait eu émission du second globule polaire, chez la Rate, au contraire, l'œuf activé émet *toujours* son second globule polaire sans que jamais les chromosomes ovulaires constituent un pronucleus.

Ultérieurement, seuls les ovocytes de Lapine ayant reformé un noyau se segmentent et peuvent poursuivre une embryogenèse normale, tandis que les ovocytes de Rate ébauchent tout au plus une première division de segmentation anormale et dégénèrent.

Ainsi les œufs de ces deux Rongeurs soumis au même traitement parthénogénétique se comportent différemment. Dans le cas de la Lapine, un seul traitement est suffisant pour provoquer l'activation et la segmentation.

Il semblait donc que chez les Mammifères, l'œuf, soumis à un traitement parthénogénétique, évolue selon deux modalités comparables à celles qui ont été décrites chez d'autres animaux : activation seule ou activation suivie de segmentation. Afin de nous assurer de la généralité de ces conditions, nous avons soumis l'œuf de la Brebis à l'action du froid, *in situ*, dans les mêmes conditions que pour les espèces précédentes.

Quatre heures environ après un refroidissement de 3 minutes à 0° C., dans un œuf, le 2ᵉ globule polaire était émis et un noyau haploïde reformé. Dans d'autres œufs, nous avons observé une rotation du second fuseau de maturation et la séparation bien nette des diades comme chez la Lapine; mais ces œufs étaient restés dans cet état et l'émission du second globule polaire ne s'était pas produite. Nous avons également observé la reconstitution d'un noyau diploïde, sans émission du polocyte, au centre d'un ovocyte, 6 heures 20 minutes après le traitement. Dans ce dernier cas, le cytoplasme contenait quelques grosses granulations que nous croyons pouvoir interpréter comme dues à un remaniement cytoplasmique préludant à la deutoplasmolyse. Chez une Brebis, 24 heures 30 minutes après le traitement, deux ovocytes ont été retrouvés dans les trompes : l'un avait émis son second globule polaire mais ne s'était pas divisé; l'autre était segmenté en trois blastomères, ce qui n'est nullement excep-

(¹) *Comptes rendus*, 224, 1947 *a*, p. 297-299; *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947 *b*, p. 607-608; *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 495-497.

tionnel dans l'ontogenèse normale, puisque l'on sait que, chez cette espèce, la première division de segmentation peut être fortement inégale, le plus petit des deux blastomères se segmente alors avant l'autre.

Sur treize œufs appartenant à huit autres Brebis, neuf ont été retrouvés de 24 à 52 heures après le traitement; certains montraient des signes évidents d'activation, mais aucun n'était segmenté. Une Brebis ayant pondu trois œufs a été abattue 17 jours après le refroidissement, mais elle n'était pas gravide.

Comme il est extrêmement difficile chez cette espèce, par suite du manque de critères précis de l'ovulation, de pouvoir utiliser à coup sûr des œufs fraîchement pondus, il est probable que quelques-uns des œufs utilisés étaient en voie de dégénérescence et ne permettaient pas un développement ultérieur.

Nos observations établissent que le comportement de l'ovocyte vierge tubaire de la Brebis, refroidi à 0°C pendant trois à quatre minutes, est semblable à celui de la Lapine. Comme dans cette dernière espèce, l'émission du second globule polaire ne se produit pas obligatoirement dans l'œuf activé; lorsqu'elle s'effectue, il se reconstitue un pronucleus comparable à celui de l'œuf fécondé. Un seul traitement suffirait donc à provoquer l'activation et la segmentation.

BIOCHIMIE. — *Remarques sur une analogie structurale entre streptomycine et chlorophylle*. Note (*) de MM. **André Lwoff** et **Pierre Schaeffer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

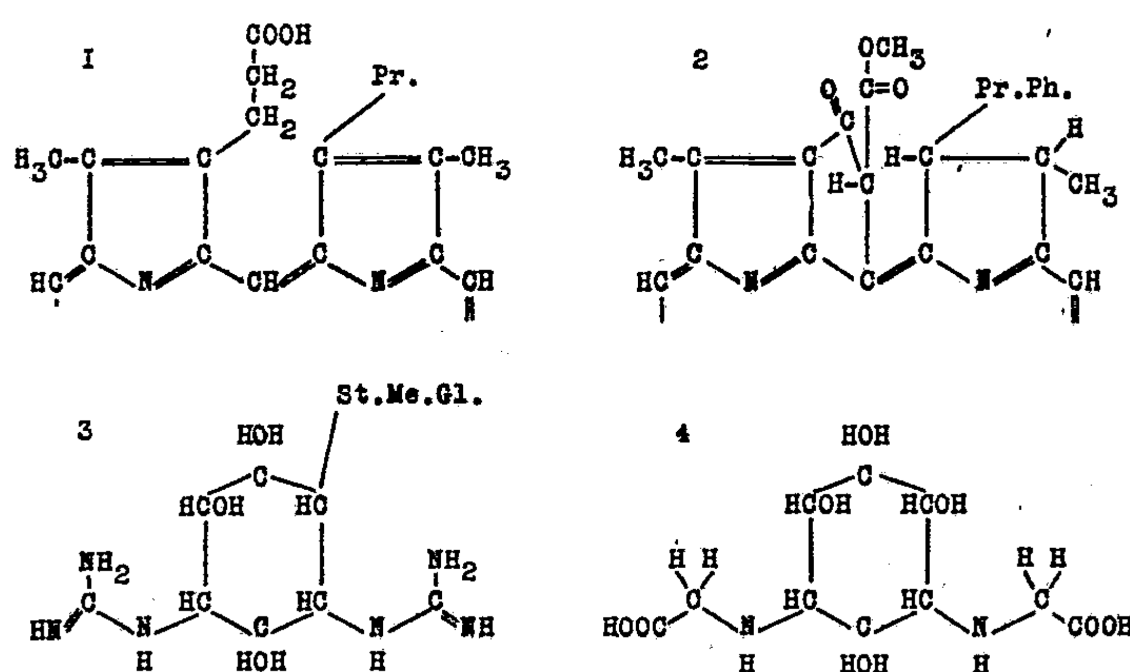
Sous l'influence de la streptomycine, des *Euglena gracilis* à chlorophylle donnent naissance à des souches incolores, modification qui persiste en l'absence de streptomycine. Cette constatation fondamentale de Provasoli, Hutner et Schatz (1) n'a pas encore reçu d'interprétation théorique. Des flagellés à nombre de plastes réduits ont été observés, ce qui rend vraisemblable l'hypothèse, envisagée par les auteurs américains, que la perte définitive du pouvoir de synthétiser la chlorophylle pourrait être la conséquence de la perte des chloroplastes, sans que l'on puisse cependant éliminer encore la possibilité d'une altération permanente de la lignée plastéenne ou celle d'un changement génique. Bracco et Euler (2) ont observé des altérations des plastes ou des plastes incolores dans des plantules diverses traitées par la streptomycine.

Les données en notre possession ne permettent pas de discuter utilement les aspects cytogénétiques du problème, mais il semble bien qu'il ne s'agisse pas d'une sélection de mutants préexistants des flagellés, mais bien, suivant l'hypothèse de Provasoli, Hutner et Schatz de l'induction, par la streptomycine, d'une modification permanente.

(*) Séance du 31 janvier 1949.
(1) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 69, 1948, p. 279-282.
(2) *Kem. Arb. II.*, 10, 1948, p. 1.

Nous avons vérifié qu'une culture d'*E. gracilis* maintenue à la lumière en présence de streptomycine (1000 à 2000 U/cm^3) pâlit, puis perd sa chlorophylle. Une souche sans chlorophylle a été obtenue qui conserve ce caractère en l'absence de streptomycine après sept repiquages à la lumière. Nous avons également réussi à obtenir des formes très pauvres en chlorophylle de la chlamydomonadine *Chlorogonium euchlorum*.

La confrontation de données, que nous ne pouvons exposer ici, relatives à la physiologie des bactéries sensibles à la streptomycine et des souches exigeantes (³), nous avait conduit à supposer que l'antibiotique pouvait intervenir dans la synthèse de composés tétrapyrroliques. La streptomycine entraînant une perturbation de la synthèse de la chlorophylle, l'hypothèse de son intervention dans l'anabolisme du noyau tétrapyrrolique se trouve posée à nouveau ainsi que l'hypothèse corrélative d'une analogie structurale. L'examen des formules montre effectivement une analogie entre certains fragments dipyrrylméthène de la protoporphyrine (*fig.* 1) et de la chlorophylle (*fig.* 2) d'une part, et la fraction streptidine de la streptomycine (*fig.* 3) d'autre part.



Pr., ac. propionique; Pr. Ph., ester phytyl propionique; St. Me. Gl., streptose méthyl glucosamine.

On sait que l'azote du noyau pyrrolique provient du glycocolle (⁴). On sait aussi que l'on peut synthétiser ce noyau par condensation du glycocolle avec la formylacétone (⁵). L'hypothèse que le précurseur des dipyrryl-méthènes serait p. ex. le 1,3 (N) diglycyl-2-4-5-6-tétrahydroxycyclohexane (*fig.* 4) (ou un dérivé substitué) sur lequel viendrait plus tard se condenser une aldéhyde, n'est pas en contradiction avec les données actuelles. L'inositol fournirait ainsi une carcasse pour la synthèse de certains groupements pyrrol et dipyrryl-méthène. Le fait que la streptomycine, à l'instar du *p*-aminophényl-

(³) P. Schaeffer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 277.

(⁴) D. Shemin et D. Rittenberg, *J. Biol. Chem.*, 159, 1945, p. 569.

(⁵) H. Fischer et E. Fink, *Z. physiol. Chem.*, 280, 1944, p. 123.

sulfamide (⁶), puisse devenir un facteur de croissance pour certains mutants plaide d'ailleurs en faveur d'une parenté de l'antibiotique avec quelque précurseur d'un métabolite essentiel. La lésion ou la disparition des plastes pourrait ainsi être, au moins en partie, l'effet de la fixation de la streptomycine sur un enzyme plastéen.

Quelle que puisse être la valeur de ces considérations, il n'en reste pas moins que la streptomycine peut induire la genèse de flagellés sans chlorophylle et qu'il existe entre les deux composés une analogie structurale dont la signification réelle devra être établie expérimentalement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hypophyse et euryhalinité chez l'Anguille.* Note de M. **Maurice Fontaine** et Mlles **Odette Callamand** et **Madeleine Olivereau**, transmise par M. Paul Portier.

L'euryhalinité apparaît comme la résultante d'un mécanisme complexe mettant en jeu des mécanismes de défense passive (nature des téguments) et active (sécrétion d'ions, de mucus) qui concourent à rendre le milieu intérieur relativement indépendant des variations de la concentration moléculaire du milieu ambiant. Cette indépendance du milieu intérieur vis-à-vis de telles variations [1] peut suggérer l'hypothèse d'un mécanisme régulateur hydrominéral particulièrement efficace, et l'on sait le rôle important attribué à l'hypophyse chez les Vertébrés supérieurs dans cette régulation, rôle qui n'est pas encore prouvé chez les Poissons [2]. On peut toutefois se demander dans quelle mesure l'hypophyse participe à l'ensemble des réactions physiologiques permettant à ces poissons de supporter le passage brusque d'eau douce en eau de mer, et c'est pour répondre à cette question que nous avons réalisé l'hypophysectomie de l'Anguille et soumis ensuite les animaux opérés à de brusques changements de salinité.

Les Anguilles utilisées étaient des poissons provenant du lac de Grandlieu et de poids compris entre 40 et 80^g. Aussitôt après l'opération elles étaient immergées pendant quelques jours dans un bain de solution saline équilibrée, de même concentration que leur milieu intérieur, ce qui réduit à peu près à néant la mortalité. Puis les Anguilles étaient transportées dans l'eau douce où elles étaient gardées de deux à trois semaines. On procédait alors au transfert brusque d'eau douce en eau de mer ($\Delta = -2^\circ$). Des animaux hypophysectomisés ont supporté ce transfert aussi bien que les témoins. Nous avons même réalisé plusieurs passages successifs eau douce — eau de mer — eau douce à 48 heures d'intervalle, et ces multiples passages ont été très bien supportés.

(⁶) S. Emerson, *J. Bact.*, 54, 1947, p. 195-207.

(¹) Portier et Duval, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 324-326.

(²) Voir la Revue de H. Heller, dans *Biol. Rev.*, 20, 1945, p. 147.

Dans d'autres séries, nous avons poursuivi l'expérience du transfert brusque eau douce — eau de mer, réalisée sur trois lots (Anguilles hypophysectomisées, Anguilles témoins opérées, Anguilles témoins non opérées), en augmentant la salinité progressivement, au delà de la salinité de l'eau de mer, par addition quotidienne de solution équilibrée très concentrée ($\Delta = -6°$). Les individus de ces divers lots étaient encore vivants dans une eau dont la salinité était double de celle de l'eau de mer ($\Delta = -4°$). Dans chacune de ces séries d'expériences des contrôles histologiques ont été effectués qui ont confirmé la réalité de l'hypophysectomie.

En résumé, l'hypophysectomie ne modifie pas sensiblement l'euryhalinité de l'Anguille. L'hypophyse ne constitue donc pas un élément indispensable du mécanisme assurant cette euryhalinité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des antihistaminiques de synthèse sur l'imbibition du muscle strié.* Note (*) de MM. **Bernard Halpern** et **Jean Reuse**, présentée par M. Léon Binet.

Nos récentes recherches concernant l'action des antihistaminiques de synthèse sur la perméabilité vasculaire, nous ont amenés à étudier l'effet de ces substances sur l'imbibition (1), (2). Ce sont les résultats de ces recherches que nous rapportons dans la présente Note.

a. Technique. — Des muscles gastrocnémiens de grenouille (*R. temporaria* et *æsculenta*) sont immergés, après pesée, dans des récipients en verre contenant 20^{cm^3} soit d'eau bidistillée pure, soit d'une solution dans l'eau bidistillée de la substance à étudier. Le pH de ces solutions était voisin de 7, et la température oscillait entre 18° et 20° C. Les substances étudiées sont utilisées sous forme de chlorhydrate, en solutions équimoléculaires. Les variations de l'imbibition sont vérifiées à des intervalles de temps réguliers par des pesées soignées, au milligramme près, avec les précautions habituelles. La durée des observations est de cinq heures, ou davantage.

b. Résultats. — Les muscles témoins, immergés dans l'eau distillée, augmentent progressivement de poids, dans les premières heures tout au moins. Cet accroissement de poids est, par rapport au poids initial, de 45 % environ au bout de deux heures, et de 60 % environ, au bout de cinq heures d'immersion.

En présence de substances antihistaminiques, l'imbibition du muscle gastrocnémien de grenouille est modifiée : ces substances diminuent considé-

(*) Séance du 3 janvier 1949.

(1) B. N. Halpern et S. Cruchaud, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1194.

(2) B. N. Halpern, L. Guillaumat et S. Cruchaud, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 622.

rablement le degré de gonflement du muscle dans l'eau. Cette action empêchante sur l'imbibition, qui a été constatée avec toutes les substances étudiées, varie, quant à l'intensité, avec la constitution chimique et, pour un même produit, avec la concentration moléculaire. Tous ces résultats sont réunis dans le Tableau I, chaque chiffre constituant une moyenne de six expériences.

Substance utilisée	Poids molécul.	Conc. molaire	Augmentation moyenne de poids en % du poids initial après							
			1 H		2 H		3 H		5 H	
			dans eau pure	eau + subst.	dans eau pure	eau + subst.	dans eau pure	eau + subst.	dans eau pure	eau + subst.
Eau bidistillée	—	—	36,0	36,2	47,9	47,8	56,9	57,6	63,6	63,2
S $N-CH_2-CH(CH_3)-N(CH_3)_2 \cdot HCl$ 3277 R.P. (phénergan)	320,5	1/625	31	12,3	42,6	10,9	48,9	6,4	56,7	0,99
		1/2500	30,5	24	41,6	30	—	—	58,7	38,5
		1/5000	25	23,5	35,5	31	46,6	40	—	—
S $N-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-N(CH_3)_2 \cdot HCl$ 3300 R.P.	348,5	1/700	31	19,2	41,5	17,5	48	13,8	50	6,9
		1/2500	32	29,1	43,7	36,7	—	—	61,3	40,6
$-CH_2$, $-N-CH_2-CH_2-N(CH_3)_2 \cdot HCl$ 2339 R.P. (antergan)	290,5	1/625	31,5	22,5	42,8	31,1	49,1	30,8	59,1	26,3
CH_3O $-CH_2$, N $-N-CH_2-CH_2-N(CH_3)_2 \cdot HCl$ 2786 R.P. (néo-antergan)	321,5	1/625	31,5	27,8	47,7	39,3	52,4	40,4	63,5	41,3
S $-CH_2$, N $-N-CH_2-CH_2-N(CH_3)_2 \cdot HCl$ (Thénylène)	283,5	1/625	33,5	31,5	53,5	44,1	58,6	46,8	66,3	50,1
Cocaïne H.Cl	340	1/625	31,2	30,3	44,7	42,2	59,7	52,9	—	—
		1/156	31,5	27,2	40,5	35	—	—	55,9	45,5

Il apparaît, par la comparaison de diverses substances, à la même concentration, que ce sont les dérivés de la phénothiazine, et notamment le N-diméthylamino-2 propyl-1 phénothiazine (3277 R. P.) (3), qui inhibe le plus fortement l'imbibition du muscle strié. Le dérivé de l'aniline (2339 R. P. : Antergan) est doué d'une activité moindre, et les dérivés de la pyridine (2786 R. P. : Néo-Antergan), (Thénylène) se classent comme moins actifs que les corps précédents. Signalons qu'en présence du 3277 R. P., à la concentration M/625, le muscle atteint, vers la cinquième heure d'immersion, un poids inférieur à celui qu'il avait au départ : il semble ainsi perdre de l'eau dans l'eau distillée.

c. Commentaires. — Y a-t-il un rapport entre l'activité antihistaminique et l'action sur l'imbibition? Il ne semble pas. Ainsi, le 3300 R. P., qui est dépourvu d'effet antihistaminique (3), possède sur l'imbibition un effet considérable. Inversement, les dérivés de la pyridine, dont l'activité antihistami-

(3) B. N. HALPERN, *Arch. Int. Pharmacol. et Thérap.*, 74, 1947, p. 319.

nique est supérieure à celle des dérivés de l'aniline (2339 R. P.), exercent sur l'imbibition un effet nettement moindre que ces derniers.

Doit-on attribuer cette action sur l'imbibition au pouvoir anesthésique local de ces composés ([4]) ? Pour répondre à cette question, nous avons étudié comparativement l'action du chlorhydrate de cocaïne ; ce corps se révèle beaucoup moins actif que les précédents ; donc on peut dire que l'effet inhibiteur sur l'imbibition est indépendant de l'effet anesthésique. Dans ces conditions, on ne peut donner une interprétation certaine du phénomène d'imbibition que nous avons observé. Il est possible que ce phénomène soit dû à une altération physicochimique du protoplasme cellulaire déterminée par les composés synthétiques.

d. Conclusion. — Les divers antihistaminiques de synthèse, dérivés de l'aniline, de la pyridine, de la phénothiazine, diminuent l'imbibition du muscle gastrocnémien de grenouille. Ce sont les dérivés de la phénothiazine qui sont les plus actifs. Cette action ne va de pair ni avec l'activité antihistaminique, ni avec le pouvoir anesthésique de ces substances. Elle semble être due à une action propre sur la perméabité cellulaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Acide nucléique du cristallin.* Note (*) de MM. **Paul Mandel**, **Jean Nordmann** et **Joseph Zimmer**, transmise par M. André Boivin.

De nombreuse études récentes démontrent l'importance capitale des acides nucléiques dans la vie tissulaire. On s'accorde actuellement à considérer l'acide désoxyribonucléïque comme le support des caractères héréditaires (Boivin), alors que l'acide ribonucléique jouerait un rôle essentiel dans le métabolisme des protides (Caspersson, Brachet).

D'autre part, il est certain que nos connaissances sur la biochimie du cristallin et en particulier sur son métabolisme présentent de nombreuses lacunes. Aussi, il nous a semblé intéressant de rechercher la présence éventuelle et la nature des acides nucléiques du cristallin. Il n'existe, à notre connaissance, qu'un seul document concernant l'existence de nucléoprotéine dans le cristallin. Il s'agit d'un travail de Krause ([1]) qui, appliquant la technique déjà ancienne de Levene ([2]), a évalué la teneur en acide nucléique de cristallins de veaux âgés de 1 an sans en préciser la nature.

Nous nous sommes d'abord attachés à confirmer, par d'autres techniques, la

---

([4]) B. N. Halpern, G. Perrin et F. Dews, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 1125.

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) *Arch. of Ophthalm.*, 10, 1933, p. 788.

([2]) *Ztsch. f. physiol. Chem.*, 45, 1905, p. 370.

constatation de Krause : l'étude spectrographique dans l'ultraviolet et la recherche chimique des divers constituants des acides nucléiques, phosphore nucléique, pentoses et bases puriques.

L'existence de ces acides une fois démontrée, nous en avons recherché la nature et déterminé la teneur. Nous avons appliqué la technique de Schmidt et Tannhauser (3) permettant des dosages séparés du phosphore ribonucléique et désoxyribonucléique, et la technique de Schneider (4) se terminant par des évaluations des pentoses et des désoxypentoses selon les méthodes respectives de Bial-Mejbaum et de Dische.

Les essais qualitatifs nous ont montré que l'acide nucléique contenu dans le cristallin est essentiellement, sinon exclusivement, de l'acide ribonucléique. En effet, alors que la réaction de Dische (désoxyribose) s'est révélée négative, même pour des extraits très concentrés, la réaction de Bial-Mejbaum (ribose) était régulièrement positive, et la technique de Schmidt et Tannhauser permettait de retrouver la presque totalité du phosphore nucléique dans la fraction ribonucléique.

Les recherches quantitatives nous ont révélé que la teneur en acide ribonucléique, exprimée en milligrammes pour 100^g de substance fraîche, était de 42 à 47 pour le Bœuf et de 33-36 pour le Mouton.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h25^m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 15 novembre 1948.)

Note présentée le 3 novembre 1948, de Mlle *Maud Nisbet* et M. *Bernard Dussart*, Sur le plancton dans le lac Léman et ses facteurs de répartition :

Page 1055, dans le tableau et le graphique, *au lieu de* PO_4 mg/l., *lire* PO_4 mg/l.$\times^6$.

(*Comptes rendus* du 24 janvier 1949.)

Candidature de M. *André Léauté* :

Page 287, ligne 6 en remontant, *au lieu de* dans la Section des Académiciens libres, *lire* dans la Section des Applications de la science à l'industrie.

---

(3) *Journ. biol. chem.*, 161, 1945, p. 83.
(4) *Journ. biol. chem.*, 161, 1945, p. 293, et 164, 1946, p. 747.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1949.

Almanach des sciences 1949, publié sous la direction de René Sudre. Paris, *Éditions de Flore* et *La Gazette des Lettres*; 1 vol. 20cm.

Centenaire de la naissance de S. A. S. le Prince Albert Ier. *Le Prince Albert, Prince savant.* Conférence donnée le 13 novembre 1948 au Musée océanographique de Monaco, par le Commandant Rouch. Imprimerie nationale de Monaco, 1948; 1 fasc. 24cm,5.

Feuilles d'hôpital, par Léon Binet. Paris, Amédée Legrand, 1949; 1 fasc. 24cm.

Cours de physique industrielle, par Adrien Mondiez. Tomes I et II. Paris, Gauthier-Villars, 1946 et 1947; 2 vol. 25cm.

La fatigue des métaux, par Roger Cazaud. Troisième édition. Paris, Dunod 1948; 1 vol. 24cm.

Institut royal colonial belge. *Mémoires.* Tome XVII. Fasc. V et dernier. *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale.* XIII. *Sur des espèces des genres :* Nerium, Aspidosperma (*Apocynacées*), Clematis, Lawsonia, Melia, Nymphæa, Plumbago, Smilax, Terminalia, Trichilia, Viola, par Émile De Wildeman, avec la collaboration de L. Pynaert. Bruxelles, Librairie Falk fils, 1948; 1 vol. 24cm.

Travaux du laboratoire de l'Hôpital de Saint-Germain-en-Laye. Directeur: Raoul Lecoq. Paris, Librairie Maloine, 1948; 1 vol. 24cm.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. *Flore des spermatophytes du Parc national Albert.* I. — *Gymnospermes et Choripétales*, par Walter Robyns. Bruxelles, 1948; 1 vol. 27cm,5.

Publication de la cellulose du Pin. *Études sur la formation du sol de la Gascogne et la restauration de la forêt landaise*, par Maurice Lacoin. Bordeaux, Librairie Delmas, 1948; 1 fasc. 27cm.

Annuaire pour l'an 1949, publié par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars, 1 vol. 19cm.

Connaissance des Temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1949, publiée par le Bureau des Longitudes. Paris, GauthierVillars, 1948; 1 vol. 24cm,5.

Ministère de la France d'Outre-Mer. *Office de la Recherche scientifique coloniale. Rapport d'activité pour les années* 1946-1947. Paris, s. d.; 1 vol. 24cm.

Union internationale pour la protection de la Nature créée à Fontainebleau le 5 octobre 1948. Bruxelles, Imprimerie M. Hayez, 1948; 1 fasc. 24cm.

Mémorial des Sciences physiques, publié sous le patronage de l'Académie des sciences de Paris. Fasc. LI. *La convection de la chaleur aux grandes vitesses*, par Gustave Ribaud et Edmond Brun. Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 fasc. 25cm.

Geološki vjesnik, par Antun Takšic. Svezak 1. *Izdaje geološko-rudarski institut Ministarstva industrije i rudarstva N. R. Hrvatske.* Zagreb, 1947; 1 vol. 22cm.

Istituto veneto di scienze lettere ed arti. *Diarii veneziani del secolo decimosesto.* Vol. I. Fasc. I. *Petri Delphini, Annalium venetorum.* Pars quarta, par ROBERTO ASSI e PAOLO SAMBIN. Venezia, Carlo Ferrari, 1943; 1 vol. 25cm.

Archiv der Mathematik. Band I. Heft I. Herausgegeben vom Mathematischen Forschunginstitut Oberwolfach (Schwazwald) unter Leitung von W. Süss, Freiburg im Breisgau. Karlsruhe, Verlag G. Braun G. M. B. M., 1948; 1 fasc. 25cm.

The Royal Canadian Institute. Centennial volume, 1849-1949, edited by W. STEWART WALLACE. Toronto, The Royal Canadian Institute, 1949; 1 vol. 25cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Flore des spermatophytes du Parc national Albert. I. — Gymnospermes et Choripétales,* par WALTER ROBYNS. Bruxelles, 1948; 1 vol. 27cm,5 (présenté par M. Roger Heim).

Les ultravirus des maladies humaines, par CONSTANTIN LEVADITI et PIERRE LÉPINE. Deuxième édition. Tomes I et II. Paris, Librairie Maloine, 1948; 2 vol. 24cm,5 (présenté par M. Jacques Tréfouël).

Bibliothèque d'éducation par la science. *Les molécules géantes et leurs applications,* par GEORGES CHAMPETIER. Paris, Éditions Albin Michel, 1948; 1 vol. 19cm,5.

Tables des fonctions trigonométriques. Valeurs naturelles à 6 décimales de centième en centième du degré nonagésimal, par ANDRÉ DANJON. Paris, Librairie Hachette, 1948; 1 vol. 27cm.

Tableaux de calculs et diagrammes relatifs aux ondes de choc obliques en écoulements bi-dimensionnels, par J. NICOLAS et H. AUDIC. Paris, Office national d'études et de recherches aéronautiques, 1948; 1 fasc. 27cm.

Les ondes électromagnétiques centimétriques. Réunions d'études et de mises au point, tenues sous la présidence de LOUIS DE BROGLIE, par ANDRÉ ANGOT, ANDRÉ BLANC-LAPIERRE, ROBERT WARNECKE, PIERRE GUÉNARD, COLETTE FAUVE, MARC JOUGUET, JEAN BERNIER, RAYMOND CABESSA, GEORGES GOUDET, JEAN VOGE, RAYMOND JOUAUST, THÉO KAHAN. Paris, Éditions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale, 1948; 1 vol. 22cm,5.

Compléments de mathématiques à l'usage des ingénieurs de l'électrotechnique et des télécommunications, par ANDRÉ ANGOT. Paris, Éditions de la Revue d'Optique, 1949; 1 vol. 25cm.

Thèses présentées à la Faculté des sciences de l'Université de Lyon, pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques, par ANTOINE SAUNIER. 1re thèse : *Contribution à l'étude des équilibres de solubilité et de vaporisation pouvant servir à la séparation naphtalène-phénols.* 2e thèse : *Propositions données par la Faculté.* Lyon, L. Pidancet, 1949; 1 vol. 25cm.

Carte de la végétation de la France : Perpignan, par HENRI GAUSSEN, publiée par le CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, avec le concours du MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. Feuille n° 78. 1 planche 103cm × 70cm,5 au 1/200.000.

Ministère des Travaux publics et des Transports. Institut géographique national. *Rapport sur l'activité de l'Institut géographique national en* 1945. *Idem* en 1946 (Texte et Planches). Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1948; 3 vol. 26cm.

Communications de l'Observatoire royal de Belgique, n° 1 : *Déterminations de la température d'excitation et de l'abondance des molécules* CN, CH, C_2, NH_2 *et* OH *par l'analyse du spectre de Fraunhofer,* par J. HUNAERTS, in *Annales d'astrophysique,* Tome X, 1947; Lille, Taffin-Lefort, 1948; 1 fasc. 26cm,5.

The motions of the moon and the sun at the solar eclipse of 1945, july, 9th, by KARL F. SUNDMAN. Extrait de *l'Activité de la Commission géodésique Baltique pendant les années* 1944-47. Helsingfors, 1948; 1 fasc. 25cm.

Compte rendu du VIIe Congrès sericicole international Alès-France du 7 au 13 juin 1948; 1 fasc. polycopié 27cm (présenté par M. Roubaud).

Le bouturage et les substances de croissance synthétiques, par E. J. B. VERLEYREN. Publié avec le concours de la FONDATION UNIVERSITAIRE DE BELGIQUE. Anvers, 1948; 1 vol. 29cm.

Carte géologique internationale de l'Afrique exécutée conformément aux vœux du Congrès géologique international (XIIIe session, Bruxelles, 1922) dressée et publiée par le BUREAU D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES COLONIALES, à l'échelle de 1/5000000. Feuille no 4; 1 pl. 99cm × 88cm,5.

Max Planck in seinen Akademie-Ansprachen. Erinnerungsschrift der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin, Akademie Verlag, 1948; 1 vol. 21cm

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 FÉVRIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur M. CARL ÖSTEN EMANUEL BERGSTRAND (1873-1948), par M. ANDRÉ DANJON.

Östen Bergstrand, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Astronomie depuis le 11 juillet 1938, était né à Stockholm le 1er septembre 1873. Il est mort à Uppsala le 27 septembre 1948. Entré en 1891, comme étudiant, à l'Université de cette ville, il devait y accomplir toute sa carrière : docteur ès sciences et maître de conférences en 1899, observateur en 1901, professeur de l'Université et directeur de l'Observatoire en 1911. Ayant atteint la limite d'âge en 1938, il reçut alors le titre de professeur émérite.

L'œuvre scientifique de Bergstrand est aussi originale que variée. Il débute par des recherches sur la détermination précise des positions d'étoiles par la photographie, et ces travaux le conduisent à une étude détaillée de la réfraction différentielle dont il publie des tables fort utiles aux observateurs. Dans le même ordre d'idées, il examine les effets possibles des déformations que peut subir la couche sensible au cours des divers traitements auxquels elle est soumise. Au cours de ces longs travaux, l'auteur fait preuve d'un sens très aigu des meilleures conditions d'emploi du matériel de mesure en usage.

Dans sa thèse, Bergstrand applique les résultats de ses précédentes recherches à la détermination, particulièrement délicate, des parallaxes stellaires par voie photographique. Cet important Mémoire peut encore être lu avec fruit après un demi-siècle. Il renferme les données d'observation relatives à deux étoiles, Σ1516 A et A-Oe 11677, ainsi que les parallaxes conclues.

Plus tard, Bergstrand propose une méthode originale et fort élégante pour déterminer la parallaxe des étoiles de type B du groupe d'Orion. Ce groupe s'écarte du Soleil avec une vitesse de l'ordre de 20^{km} par seconde, aussi doit-on s'attendre à voir les distances angulaires de ses composantes diminuer séculairement; avec, du reste, une extrême lenteur, en raison de leur éloignement

considérable. Bergstrand entreprend une étude systématique de ces distances angulaires et de leurs variations séculaires, en vue de déterminer la parallaxe moyenne du groupe. Il suppose, avec raison, que ces distances sont moins sensibles que les mouvements propres aux effets des erreurs systématiques des catalogues. Cette laborieuse recherche le conduit à une parallaxe moyenne de 0",008 pour les 18 étoiles qu'il a sélectionnées d'après leur type spectral et leur vitesse radiale (1919). Or, si l'on calcule la moyenne des parallaxes de ces mêmes étoiles, extraites des catalogues les plus récents, on trouve la valeur très voisine de 0",007. On ne saurait trop louer l'ingéniosité de la méthode si heureusement mise en œuvre par Östen Bergstrand.

Ses travaux sur la réfraction et la dispersion atmosphériques avaient appelé son attention sur la couleur des étoiles et sur la nécessité d'en donner une définition objective. Au cours d'un stage qu'il accomplit en 1908 à l'Observatoire de Meudon, il mit au point la mesure des longueurs d'onde effectives par la méthode du réseau-objectif, dont la première application remontait aux frères Henry. Cette étude, qui portait sur 92 étoiles, permit à son auteur de préciser les conditions opératoires; il devait la développer à Uppsala.

En 1933, Bergstrand publie un catalogue photométrique photographique de 4616 étoiles de la zone allant de + 60° à + 65° dont il avait assuré presque seul toute l'exécution : bel exemple de la conscience et du scrupule dont il a donné tant d'autres témoignages. La discussion de ce catalogue conduisit à d'importants résultats sur l'équation de couleur et de magnitude des divers catalogues.

Mais son activité se portait dans bien d'autres directions. En 1904, il avait abordé l'étude du premier satellite d'Uranus, Ariel, dont le mouvement est sujet à de fortes perturbations. En 1909, il étendait ses recherches à Umbriel. La détermination des perturbations à l'aide des mesures micrométriques les plus récentes conduisit Bergstrand à attribuer à Uranus un aplatissement de 1 : 20, une masse de 1 : 23 300, et une durée de rotation de 13^h environ.

Il faut encore citer ses recherches sur la couronne solaire, dont il avait obtenu en 1914, des photographies s'étendant jusqu'à quatre rayons du Soleil. L'étude microphotométrique des clichés montra que la brillance décroît comme l'inverse du carré de la distance au bord solaire. D'autre part, en discutant les observations faites au cours de 14 éclipses, Bergstrand montrait que la forme de la couronne subit un changement brusque au moment du maximum des taches. Parallèles à l'équateur solaire, en moyenne, entre un maximum et le minimum suivant, les jets coronaux se déploient progressivement en éventail entre le minimum et le maximum, pour revenir brusquement à leur orientation première.

Östen Bergstrand était membre de l'Académie royale des Sciences de Suède, ainsi que de la Société royale des Sciences d'Uppsala dont il était

Secrétaire perpétuel depuis 1933. En 1935, il fut nommé vice-président de l'Union Astronomique Internationale, fonction qu'il résigna en 1946.

Esprit distingué, fin et cultivé, il se passionnait pour toutes les manifestations de l'art, notamment pour la musique; il possédait un réel talent de pianiste. Au cours de son passage à l'Observatoire de Meudon, il avait noué avec les astronomes français des relations durables, d'autant plus aisées qu'il parlait et écrivait purement notre langue. Avec lui, disparaît un ami de notre pays, et l'un des meilleurs astronomes de notre temps.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de l'Ouest du Mounier (Alpes-Maritimes).* Note de M. **Paul Fallot** et M[lle] **Anne Faure-Muret**.

La Tinée, surimposée dans la bordure occidentale du massif cristallin de l'Argentera-Mercantour, est dominée, jusqu'à l'amont de Saint-Sauveur, par la série sédimentaire de couverture, dont les assises, d'apparence assez tranquille sont profondément entamées par les vallées de Demandols débouchant dans la Tinée à Saint-Étienne, du torrent d'Auron, 3^{km} en aval, et 2^{km} plus bas encore, du torrent de Roya.

Ces cours d'eau descendent d'un chaînon orienté Sud-Est-Nord-Ouest, qui, débutant vers Saint-Sauveur par le Mont Gravières, se prolonge par le Mounier (2817^{m}), l'arête de Cima Negra, le col de Crous, le Massif Rocca-Maire-Rognoso, le col et la Cime de Pal. Au Sud de cette ligne de crêtes, s'ouvrent les vallées de la Vionène, qui, dirigée vers le Sud-Est, débouche dans celle de la Tinée, puis celles de Cians, du Tuébi et de la Barlatte, affluents du Var.

Le gneiss apparaît en boutonnière à l'aval de Roya; la série sédimentaire comporte, sur le Trias, une succession continue d'assises marines, généralement de faciès profond, qui se termine au Sénonien supérieur, et supporte, après lacune, le Nummulitique (Lutétien supérieur-Priabonien) marin, suivi des grès d'Annot.

Dans toute la partie ouest de la feuille Saint-Étienne de Tinée, de Saint-Étienne à la Haute-Barlatte, cette série est peu déformée, et les puissantes masses du Crétacé moyen et supérieur s'y montrent parfaitement continues. Au Sud de la crête Mounier-Cime de Pal, si ses termes supérieurs manquent souvent, ses horizons inférieurs, étendus jusqu'au dôme de Barrot se montrent aussi continus, simplement déformés par quelques plis à regard Sud.

Dans toutes ces régions, et même dans le Mounier, la couverture sédimentaire a tous les caractères de la tranquillité et de l'autochtonie.

Or, au Nord de la crête unissant le Mounier au col de Crous, le bassin du torrent de Roya révèle une fenêtre, et dans la crête elle-même apparaît un chevauchement important.

Du col de Crousette (Ouest du Mounier) par le revers sud de l'arête de Cima Negra, jusqu'au haut Tuébi, le Néocomien de la série autochtone supporte des marnes oxfordiennes, couronnées par le Malm calcaire et le Crétacé inférieur fossilifère formant les sommets. Des éléments de charnières frontales témoignent d'une poussée vers le Sud-Sud-Ouest avec ennoyage graduel vers le Nord-Ouest.

Le Haut vallon du Tuébi montre le même dispositif : un pli couché de Tithonique et d'Oxfordien, avec effilement du flanc renversé. Ce pli couché disparaît en tunnel dans le versant ouest, en direction axiale Ouest-Sud-Ouest. Il est surmonté par le Crétacé et le Nummulitique de son flanc normal qui forment toutes les crêtes de la tête de Méric à Rocca-Maire et au Rognoso, mais qui, en outre, étendus bien au delà de son front, font partie de la série autochtone tranquille du Sud.

Après disparition sous ces couches pendant 4^{km}, le Tithonique réapparaît au versant nord de la vallée de la Barlatte, c'est-à-dire au revers méridional du col de Pal. Il y dessine une charnière de pli-faille couché, où l'Oxfordien repose sur le Néocomien à *Duvalia*. Vers l'Ouest cet élément structural s'enfouit encore en tunnel sous le versant Sud de la cime de Pal.

Ce versant, dénudé, montre admirablement le Néocomien épousant la charnière anticlinale, mais aussi l'atténuation progressive de la déformation dans les puissantes masses de marnes aptiennes qui la surmontent, de telle sorte que le Cénomanien-Turonien et le Sénonien n'en portent plus trace et constituent un ensemble tranquille, subhorizontal, qui se poursuit sans dislocation aussi bien vers le Sud-Ouest qu'au Nord-Est vers Saint-Étienne de Tinée.

Vu par ses parties frontales, ce pli couché que l'on repère ainsi sur un front de 10^{km} ne présente que l'aspect d'un pli-faille couché local.

L'ampleur réelle de l'accident est révélée par les vallées qui, au Nord de l'arête Cima Negra-Rognoso, descendent vers le torrent de Roya.

Une coupe, depuis cette arête, montre successivement du haut en bas et du Sud au Nord, le Néocomien et le Tithonique du flanc normal de l'accident décrit au Sud de l'arête, puis, la série s'étoffant vers le bas, l'Oxfordien, le Dogger et le Lias fossilifères, enfin le Trias à cargneules et gypse.

Sous ce Trias réapparaissent, datés, le Néocomien du versant Sud de la crête, puis toute la série jusqu'au Trias, qui appartient à la couverture du Cristallin de la boutonnière de Roya.

Dans le vallon de Roya et ses affluents, le contact anormal se suit sans discontinuité. Au Sud, il s'inscrit du Pas de Roya (1700^{m}) au vallon de Sellavieille vers 2000^{m}, à la partie sud de la Serre de l'Ardret vers 1950^{m}, jusqu'au vallon de l'Ardret à 1800^{m}. Là, le Trias basal de la série chevauchante s'unit et se confond avec celui qui forme le substratum normal de la série autochtone.

Au versant Nord de la vallée de Roya, le prolongement de ce contact anormal se suit, graduellement relevé vers l'Est, du Pas de Roya au pied sud puis au

revers est des roches couronnant l'éperon cote 2023, et rejoint la crête du Colombier où, grâce à l'amincissement de la série inférieure, le Trias chevauchant s'unit au Trias en place, à peu près sur le même méridien que dans le vallon de l'Ardret.

Le vallon de Roya correspond donc à une fenêtre dont le contour est parfaitement défini, sauf à l'Est où le contact anormal se perd par effilement de la série inférieure, et réunion du Trias chevauchant avec le Trias de base. La fermeture occidentale de la fenêtre, au Pas de Roya, résulte d'un abaissement axial d'ensemble en direction de l'Ouest.

Les contacts sont tels qu'ils interdisent d'attribuer les affleurements de la série inférieure à des phénomènes de glissement ou à des jeux de failles.

Les caractères dont témoigne la fenêtre de Roya sont très aberrants par rapport à ceux des charriages classiques.

1° La série chevauchante forme un ensemble normal, continu en plan, pratiquement illimité. Au Nord, elle se présente comme si elle était autochtone, car son Trias de base, replissé, repose sur le cristallin. Au Nord-Ouest et à l'Ouest, complétée par le Crétacé supérieur, le Nummulitique et les énormes masses à peine gauchies du Grès d'Annot qui forment le massif entourant le haut vallon de Gialorgues, elle paraît faire suite normalement au Cristallin de la cime d'Anelle qui domine Saint-Étienne de Tinée.

Au Nord-Est, sous réserve du décollement qui existe dans l'épaisseur du Trias de sa base, elle paraît aussi normale et verticalement continue.

2° Au Sud, l'individualité de la série chevauchante est, on l'a vu, définie sur un front de 10^{km}. Mais plus au Sud encore, le Crétacé et le Nummulitique de son flanc normal, se relient sans discontinuité avec ceux de la série dite autochtone.

3° L'ampleur du chevauchement visible diminue de l'Ouest vers l'Est. Elle passe, en effet, de 6^{km} sur la transversale du Pas de Roya, à 3^{km} sur celle de la bergerie de Sellavieille, pour se réduire à $1^{km},5$ au droit de la cote 2552 et mourir en pli-faille aux abords du col de la Crousette. L'accident s'éteint ainsi immédiatement à l'Ouest du Mounier, dont la puissante série jurassique et néocomienne repose en bloc, subhorizontale, sur un Trias violemment froissé, mais unique.

4° Dans la fenêtre de Roya, le terme le plus élevé de la série chevauchée est toujours le Néocomien. Jamais, n'est conservé au contact ni Crétacé plus élevé, ni Nummulitique, même dans les régions où la série chevauchante comporte tous ces termes.

5° La continuité absolue de la série crétacée et l'existence générale du Nummulitique transgressif en concordance presque parfaite avec le Sénonien, interdisent d'attribuer cette particularité à des mouvements tectoniques qui se seraient produits à la fin du Crétacé inférieur. La notion d'une phase orogénique crétacée ne rendrait du reste pas compte de la continuité de la série chevauchante et de la série apparemment autochtone, tant à l'arrière ou latéralement qu'à l'avant du chevauchement.

Les caractères particuliers de la fenêtre de Roya appellent donc une interprétation tectonique nouvelle.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la faible variabilité de la hauteur moyenne annuelle de la pluie sur l'ensemble du Globe.* Note de M. **Charles Maurain.**

La pluie présente, suivant les années, en un point ou dans une petite région, des variations généralement beaucoup plus marquées que celles des autres éléments météorologiques. Mais les variations sont fort différentes suivant les régions, et, si l'on considère des étendues de plus en plus vastes, et jusqu'à la Terre entière, les variations s'atténuent de plus en plus. L'étude suivante donne des précisions et permet des remarques à ce sujet.

J'ai choisi 64 stations réparties sur l'ensemble du Globe de manière que leur nombre dans un continent donné fût sensiblement proportionnel à la surface de ce continent. Les données relatives aux hauteurs de la pluie pour les dix années 1931-1940 ont été empruntées, presque complètement, à une précieuse publication de la Smithsonian Institution (¹). Les hauteurs moyennes annuelles de pluie pour ces 64 stations ont comme moyennes, en millimètres :

1931.	1932.	1933.	1934.	1935.	1936.	1937.	1938.	1939.	1940.
991	950	947	970	958	946	967	968	969	938

L'écart maximum entre ces valeurs (celui entre les valeurs extrêmes) est seulement 5,5 %, c'est-à-dire que la hauteur moyenne annuelle de pluie sur l'ensemble du Globe a peu varié au cours de ces dix années.

Les résultats partiels manifestent comment la variabilité relative aux stations individuelles s'atténue dans les groupements considérés. Par exemple, pour l'Asie (20 stations) l'écart maximum entre les hauteurs moyennes pour ces dix années est 12,7 %, alors que pour l'une des stations, Beyrouth, l'écart atteint 101 % ; pour l'Afrique (14 stations) l'écart est 25,3 %, alors qu'il est 153 % pour Alexandrie ; pour l'Europe (5 stations) l'écart est 32 %, alors qu'il est 65 % pour Helsinki ; pour l'Australie (4 stations) l'écart est 37 %, et 92 % pour la station Alice Springs.

Sur ces résultats on peut fonder quelques remarques.

1° L'activité solaire a passé par un maximum très accentué en 1937 (valeur dite du nombre des taches : 114,4, d'après W. Brunner), et par un minimum en 1933 (nombre des taches : 5,5) ; or, les hauteurs moyennes annuelles des pluies ne présentent, comme on voit dans le tableau ci-dessus, aucune variation en rapport avec celle de l'activité solaire. Il est bien probable que l'activité solaire, qui marque fortement sa variation dans celles des phénomènes magnétiques terrestres et des phénomènes ionosphériques, intervient aussi dans les phénomènes météorologiques de la basse atmosphère ; mais cette action est

(¹) H. H. Clayton and F. J. Clayton, *World Weather Records*, 1931-1940. Publ. 3803, 1947, 646 p., Smithsonian Institution, Washington.

sans doute assez faible, et son étude éventuelle est très délicate et nécessite de vastes enquêtes.

2° En 1938, s'est produite en France une sécheresse exceptionnelle. « Depuis la mi-février jusqu'au début de mai 1938, dit J. Sanson (²), une sécheresse anormale a sévi sur toute la France. La Bretagne et l'Ouest n'ont même pas reçu le dixième de la quantité d'eau qui aurait dû tomber normalement, et dans les autres régions de la moitié Nord et du Centre les hauteurs de pluie sont restées inférieures au cinquième de cette normale. » A l'observatoire du Parc Saint-Maur, les hauteurs d'eau en mars, avril et juin n'ont atteint respectivement que 23, 21 et 19 % de la normale. Pendant les mois suivants, la pluie a été plus abondante, dépassant même la normale, mais cependant la grande sécheresse du printemps est marquée sur la hauteur totale de pluie de 1938, qui est à Saint-Maur 552^{mm}, en déficit de 16 % sur la moyenne des dix années 1931-1940. — En se reportant aux hauteurs moyennes relatives aux continents, on constate que, pour l'Europe, l'année 1938 a été, comme pour la France, relativement sèche, le déficit étant 19 % par rapport à la moyenne des dix années; mais pour la Terre entière, le tableau ci-dessus montre que l'année 1938 n'a été marquée par aucun déficit particulier : la hauteur correspondante 968^{mm} est très voisine de la moyenne des dix années : 960^{mm}, et même légèrement supérieure. On peut conclure de là que la sécheresse constatée en Europe en 1938 n'a pas eu une cause générale intéressant la Terre entière.

Remarquons encore que l'année suivante 1939 a été en France, au contraire de 1938, exceptionnellement pluvieuse; la hauteur d'eau à Saint-Maur, 810^{mm}, est en excès de 24 % sur la moyenne des dix années. Or, pour la Terre entière, la hauteur correspondant à 1939, 969^{mm}, est, comme d'ailleurs toutes les autres, peu éloignée de la moyenne des dix années.

3° Le fait que la quantité annuelle de pluie sur l'ensemble du Globe varie peu en général est lié au fait que les pluies proviennent de l'eau évaporée; l'évaporation dépend de la radiation solaire, et, sauf variation de celle-ci, doit être annuellement, pour l'ensemble du Globe, à peu près constante. Les mesures de plus en plus précises faites par la Smithsonian Institution de la radiation arrivant aux confins de l'atmosphère montrent que l'énergie de cette radiation (constante solaire) varie peu. Quant à l'absorption de la radiation solaire dans l'atmosphère terrestre, diverses causes peuvent la faire varier. On a constaté par exemple à certaines époques un déficit de la radiation solaire parvenant au sol, déficit dont l'évaluation a parfois dépassé 10 % et qui a été attribué à la projection dans l'atmosphère, par de fortes éruptions volcaniques, de particules dispersées par les vents et restant longtemps en suspension. De tels phénomènes peuvent modifier l'évaporation et par suite la quantité des pluies.

(²) *La Météorologie*, 1938, p. 321.

4° Les expériences relatives à la pluie artificielle ont montré que, dans certaines conditions, la pluie peut être provoquée. Mais la quantité annuelle totale des pluies sur l'ensemble du Globe étant, sauf cas exceptionnels, sensiblement constante, ne peut être modifiée de manière notable par de telles pratiques, et, si l'on peut attendre d'heureux effets d'une meilleure répartition des pluies, on doit se résoudre à considérer ce qui est ajouté aux uns comme enlevé à d'autres.

Remarque. — La moyenne des hauteurs annuelles de pluie dans les 64 stations envisagées est, pour les dix années 1931-1940, 960^{mm}. Mais le nombre de ces stations est beaucoup trop faible pour que cette moyenne représente de manière approchée la hauteur moyenne sur l'ensemble des terres du Globe. L'évaluation de la hauteur moyenne des pluies sur le Globe nécessite des enquêtes plus détaillées et tenant compte, autant qu'il est possible de le faire, des pluies sur les océans, lesquels occupent la plus grande partie de la surface du Globe. Les enquêtes de ce genre qui ont été faites par plusieurs auteurs donnent généralement des hauteurs un peu plus faibles que la précédente.

M. **Aimé Cotton** fait hommage d'un Ouvrage de M. Raymond Jouaust intitulé *Diélectriques solides*, dont il a écrit la *Préface*.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Albert Caquot**, **Joseph Pérès**, pour la Division des Sciences mathématiques, **Hyacinthe Vincent**, **Paul Lebeau**, pour la Division des Sciences physiques, **René Barthélemy**, **Georges Darrieus**, pour la Section des Applications de la Science à l'Industrie, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place vacante, dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Louis Lumière*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Bon Jardinier*, 151e édition, rédigée sous la direction de Pierre Chouard et Eugène Laumonnier, avec 8 planches en couleurs d'après des aquarelles de Madeleine Huau (présenté par M. Louis Blaringhem).

2° Protectorat de la République française au Maroc. Service de la Recherche agronomique et de l'expérimentation agricole. *L'amélioration du Maïs*. — *Étude préliminaire des sols du périmètre irrigable des Srarhna*.

ALGÈBRE. — *Nouveaux théorèmes de décomposition et d'intercalation attachés à la normalité α.* Note (*) de M. **Michaël Benado**, présentée par M. Élie Cartan.

On peut énoncer des théorèmes Jordan-Hölder-Schreier, dans le cadre de la seule normalité α; mais, il ne s'y agit plus de la normalité α au sens de O. Ore, mais de la *normalité* α *relative* (1).

1° *Définitions et notations.* — Soit S une structure générale. Je dis que deux chaînes α-normales,

$$(1)\qquad \left.\begin{matrix} a_0 \supset a_1 \supset a_2 \supset \ldots \supset a_{i-1} \supset a_i \supset \ldots \supset a_r \\ b_0 \supset b_1 \supset b_2 \supset \ldots \supset b_{j-1} \supset b_j \supset \ldots \supset b_s \end{matrix}\right\} a_0 = b_0, \qquad a_r = b_s$$

sont *aux liaisons latérales* lorsqu'il y existe au moins un couple a_i, b_j *autre que* a_1, b_1, tel que l'on ait $i < r$, $j < s$ et que l'on puisse toujours trouver un $\Omega_{ij} \to S$ avec $\Omega_{ij} \supset a_i$, $\Omega_{ij} \supset b_j$ de façon que a_i et b_j soient α-normaux dans Ω_{ij}; les chaînes (1) sont aux liaisons latérales *complètes*, lorsque *tous* les couples a_i, b_j avec $i = 1, 2, \ldots, r-1$ et $j = 2, 3, \ldots, s-1$, avec $i = 2, 3, \ldots, n-1$ et $j = 1, 2, \ldots, s-1$, possèdent la propriété précédente. Deux chaînes α-normales *principales*, aux extrémités communes, sont aux liaisons latérales complètes; on a, dans ce cas, $\Omega_{ij} = a_0 = b_0$.

On aurait des définitions analogues pour les chaînes α-normales *relatives*.

Deux ensembles partiellement ordonnés $\mathfrak{P}$, $\overline{\mathfrak{P}}$ sont reliés par une *connexion monotone* $\mathfrak{P} \rightleftharpoons \overline{\mathfrak{P}}$, lorsqu'on peut y définir deux opérations φ, $\overline{\varphi}$ telles que $\varphi(p) = \overline{p} \to \overline{\mathfrak{P}}$, avec $p \in \mathfrak{P}$ et $\overline{\varphi}(\overline{p}) = p \to \mathfrak{P}$ avec $\overline{p} \in \overline{\mathfrak{P}}$ et telles que l'axiome I et l'un au moins des axiomes II′, II″, II ci-dessous, soient vérifiés,

$$\text{I.}\quad (p_1 \supset p_2) \in \mathfrak{P} \ \text{ entraîne } \ \varphi(p_1) \supset \varphi(p_2); \qquad (\overline{p}_1 \supset \overline{p}_2) \in \overline{\mathfrak{P}} \ \text{ entraîne } \ \overline{\varphi}(\overline{p}_1) \supset \overline{\varphi}(p_2).$$

$$\text{II}' \begin{cases} \overline{\varphi}\,\varphi(p) \subset p, & \varphi\,\overline{\varphi}(\overline{p}) \subset \overline{p}; \\ p \in \mathfrak{P} & \overline{p} \in \overline{\mathfrak{P}} \end{cases} \qquad \text{II}'' \begin{cases} \overline{\varphi}\,\varphi(p) \supset p, & \varphi\,\overline{\varphi}(\overline{p}) \supset \overline{p}; \\ p \in \mathfrak{P} & \overline{p} \in \overline{\mathfrak{P}} \end{cases}$$

$$\text{II} \begin{cases} \overline{\varphi}\,\varphi(p) \supset p, & \varphi\,\overline{\varphi}(\overline{p}) \subset \overline{p}; \\ p \in \mathfrak{P} & \overline{p} \in \overline{\mathfrak{P}} \end{cases}$$

I et II′ respectivement I et II″ définissent les connexions monotones de première espèce, respectivement de seconde espèce, tandis que I et II définissent celles d'espèce mixte.

Une connexion monotone sera dite semi-parfaite lorsqu'on a $\overline{\varphi}\,\varphi(p) = p$, $p \in \mathfrak{P}$, ou bien $\varphi\,\overline{\varphi}(\overline{p}) = \overline{p}$, $\overline{p} \in \overline{\mathfrak{P}}$ et j'écrirai alors, suivant le cas, $\mathfrak{P} \overset{\leftrightarrow}{\leftarrow} \overline{\mathfrak{P}}$, ou bien

---

(*) Séance du 7 février 1949.

(1) D. Barbilian, *Metrisch-Konkave Verbände, Disquis. math. et phys.*, 5, fasc. 1-4, 1946, p. 19.

$\mathfrak{T} \rightleftarrows \overline{\mathfrak{T}}$. Enfin, si les deux dernières relations ont lieu à la fois, on dira que la connexion est parfaite et l'on écrira $\mathfrak{T} \rightleftarrows \overline{\mathfrak{T}}$.

Lorsque $\mathfrak{T}$, $\overline{\mathfrak{T}}$ *sont des structures*, toute connexion monotone parfaite reliant $\mathfrak{T}$ à $\overline{\mathfrak{T}}$, est un isomorphisme de structure.

Les correspondances régulières ([2]) sont des connexions monotones mixtes.

2° *Lemmes.*

LEMME 1. — *Lorsque $\alpha \rightarrow \mathfrak{S}$ est α-normal relativement à l'intervalle $x \supset y$, alors, l'élément $\alpha' = x \cap (\alpha \cup y) = (x \cap \alpha) \cup y$ le sera aussi.*

LEMME 2. — *Lorsque $x \supset y$ est un intervalle tel que y soit α-normal dans x, l'intervalle $a \cap x \supset a \cap y$ aura la même propriété ($a \in \mathfrak{S}$).*

LEMME 3. — *Pour que la correspondance régulière $(x \cup y/x) \rightleftharpoons (y/x \cap y)$ $(x, y \rightarrow \mathfrak{S})$ soit un isomorphisme de structure, il faut et il suffit que x soit α-normal relativement à $y \supset x \cap y$ et que y soit α-normal relativement à $x \cup y \supset x$.*

LEMME 4. — (*Zassenhaus*). *Lorsque* $\mathrm{M} \supset m$, $\mathrm{N} \supset n$ *sont des intervalles tels que* m, n *soient α-normaux respectivement dans* M, N *et que, ces derniers soient α-normaux dans* $\mathrm{M} \cup \mathrm{N}$, *alors :*

a. Les quotients de Zassenhaus $m \cup \mathrm{S}/m \cup \mathrm{T}$, $n \cup \mathrm{S}/n \cup \mathrm{T}$ *sont aux structures isomorphes;*

b. Chacun des numérateurs $m \cup \mathrm{S}$, $n \cup \mathrm{S}$ *est α-normal relativement à* $\mathrm{M} \supset m$ *respectivement à* $\mathrm{N} \supset n$;

c. il existe au moins un $\Omega \rightarrow \mathfrak{S}$ *tel que* $\Omega \supset m \cup \mathrm{S}$, $\Omega \supset n \cup \mathrm{S}$ *et tel que ces mêmes numérateurs* $m \cup \mathrm{S}$, $n \cup \mathrm{S}$ *soient α-normaux dans* Ω.

[On a posé $\mathrm{S} = \mathrm{M} \cap \mathrm{N}$, $\mathrm{T} = (\mathrm{M} \cap n) \cup (\mathrm{N} \cap m)$.]

3° *Théorèmes* : THÉORÈME 1. — *Deux chaînes α-normales telles que les* (1), *aux intervalles véritables aux extrémités communes et aux liaisons latérales complètes peuvent se transformer, par intercalation, en deux chaînes telles que :*

a. Elles aient même longueur (véritable),

b. Elles aient des paires de quotients aux structures isomorphes;

c. Elles soient aux liaisons latérales conjuguées ([3]);

d. Tous les intercalaires appartenant à l'un quelconque des intervalles $a_{i-1} \supset a_i$ *et* $b_{j-1} \supset b_j (i = 1, 2, \ldots, n; j = 1, 2, \ldots, s)$, *soient α-normaux relativement à cet intervalle.*

THÉORÈME 2. — *Deux chaînes α-normales principales aux extrémités communes et dont les termes appartiennent à une certaine semi-structure par rapport à l'union peuvent se transformer en deux chaînes de même longueur, aux paires de quotients aux structures isomorphes, telles que chaque terme soit α-normal dans le précédent et telles enfin qu'elles soient aux liaisons latérales complètes.*

([2]) O. ORE, *On the theorem of Jordan-Hölder* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 41, 1937, p. 269).

([3]) Cela veut dire que l'on peut trouver un $\Omega \rightarrow \mathrm{S}$ avec $\Omega \supset a_{ij}$, $\Omega \supset b_{ji}$, et tel que a_{ij}, b_{ji} soient α-normaux dans Ω, quel que soit a_{ij} (ou b_{ji}), excepté $a_r = b_s$.

Théorème 3. — *Deux chaînes α-normales, aux extrémités communes, se transforment par l'opération d'intercalation de Zassenhaus, en deux chaînes de même longueur, et, dont les quotients conjugués sont reliés par une connexion monotone de première espèce, excepté, au moins, les quotients conjugués* a_{11}/a_{12}, b_{11}/b_{12}, *lesquels sont reliés par un isomorphisme de structure* (*on a posé*

$$a_{11} = a_2 \cup (a_1 \cap b_1), \quad \ldots.$$

Remarques générales. — 1° L'intérêt du lemme 4 et du théorème 1 consiste en ce qu'ils nous montrent que *l'isomorphisme de structure est, moyennant certaines hypothèses, un effet de la normalité* α. 2° Pour d'autres questions, ainsi que pour les démonstrations détaillées des propositions précédentes, je renvoie à mon article *Nouveaux théorèmes, etc.* (à paraître prochainement dans un autre Recueil).

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le problème de la génération d'une transformation donnée d'une courbe fermée par une transformation infinitésimale.* Note (*) de M. **Arrigo Finzi**, présentée par M. Élie Cartan.

On donne, sur une courbe fermée C de longueur 1, une transformation finie T d'équation

(1) $$x' = g(x),$$

dépourvue de points invariants, et l'on pose le problème de savoir s'il existe une transformation infinitésimale

(2) $$Xf \equiv \xi(x)\frac{df}{dx},$$

telle que T fasse partie du groupe g_1 à un paramètre engendré par Xf. On peut indiquer facilement une condition nécessaire, pour que le problème soit possible : *Si une puissance* T^n *de* T *laisse invariant un point* P, *elle doit laisser invariant tout autre point de* C. A ce point de vue, on peut envisager trois cas :

1. *Il existe une puissance* T^n, *qui laisse invariants tous les points de* C.

2. *Il existe une puissance* T^n, *qui laisse invariants quelques-uns seulement des points de* C.

3. *Il n'y a pas de points de* C *invariants pour une puissance quelconque de* T.

Nous dirons que les transformations 1 et 3 sont *régulières*, et que les 2, qui ne satisfont pas à la condition nécessaire donnée, sont *irrégulières*.

On peut attacher à une transformation T un invariant k, le module : Considérons T comme engendrée par un mouvement continu, qui porte tout point P dans son transformé; on pourra considérer, pour une puissance T^n, le rapport m/n du nombre m, de tours complets de C, que ce point accomplit par T^n, à l'exposant n. On définit le module comme la limite de ce rapport quand n

(*) Séance du 7 février 1949.

croît. Cette limite existe toujours et est évidemment indépendante du point P considéré. Le module des transformations 1 et 2 est toujours rationnel, celui des transformations 3 est irrationnel.

Nous avons déjà dit que les transformations 2 ne sont engendrées par aucune transformation infinitésimale; on peut facilement démontrer que, au contraire, une *transformation* 1 *admet une infinité* (dépendant du choix arbitraire d'une fonction dans un intervalle) *de transformations, qui l'engendrent, sous la seule hypothèse que* $g(x)$ *possède une dérivée continue.*

L'étude des transformations 3 régulières, de module irrationnel, n'a pas le même caractère élémentaire; on peut toutefois démontrer facilement qu'*une transformation* 3 *admet au plus une transformation infinitésimale, qui l'engendre.*

Représentons maintenant par m_α/n_α

$$\frac{m_\alpha}{n_\alpha} = \cfrac{1}{a_1 + \cfrac{1}{a_2 + \ddots + \cfrac{1}{a_{\alpha-1}}}}$$

la $\alpha^{\text{ième}}$ réduite du développement en fraction continue du module d'une transformation T du type 3; on démontre le théorème A : *Il y a toujours une transformation infinitésimale, qui engendre une transformation* T *du type* 3 *si la fonction* $g(x)$ *possède une dérivée seconde satisfaisant à la condition de Lipschitz et si,* λ *étant un certain exposant positif, la plus grande limite du rapport* $a_\alpha/n_\alpha^\lambda$ *est égale à zéro.* Je n'ai pas encore déterminé la plus grande valeur admissible pour λ.

Si l'on ne fait aucune hypothèse sur la croissance des entiers a_α, on peut construire des transformations 3 représentées par des fonctions admettant des dérivées d'ordre aussi élevé qu'on veut et qui ne sont engendrées par aucune transformation infinitésimale.

Il serait intéressant de savoir si la fonction $\xi(x)$, qui caractérise la transformation infinitésimale, dont le théorème A nous assure l'existence, possède une dérivée première. Il serait aussi intéressant de savoir si, en admettant l'existence de dérivées d'ordre supérieur pour $g(x)$, il s'ensuit l'existence de dérivées d'ordre supérieur pour $\xi(x)$.

On peut enfin poser le problème de savoir si une transformation T *arbitraire*, qui est représentée par une fonction $g(x)$, dont la dérivée seconde satisfait à la condition de Lipschitz, appartient au type 1 ou 2 ou bien 3′ : elle a un module irrationnel et admet une transformation infinitésimale, qui l'engendre, ou enfin 3″ : elle a un module irrationnel, mais elle n'est engendrée par aucune transformation infinitésimale. On peut répondre que, *les transformations* 1 *et* 3″ *étant exceptionnelles, une transformation arbitraire peut appartenir ou bien au type* 2 *ou bien au type* 3′.

D'une façon plus précise, soit

$$x = g(x, \theta),$$

une famille de transformations dépendant d'un paramètre θ et choisie de façon arbitraire, à part quelques conditions qu'il est inutile de préciser ici; on démontre le théorème B : *L'ensemble des valeurs de* θ, *qui correspondent à des transformations* 1 *est vide; l'ensemble qui correspond à des transformations* 3'' *a une mesure nulle; les deux ensembles, qui correspondent aux* 2 *et aux* 3' *ont tous les deux une mesure différente de zéro.*

La démonstration du théorème B utilise le théorème A.

Le travail actuel n'est pas sans relation avec la belle théorie des transformations d'une courbe, due à Poincaré et à Denjoy.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les algébroïdes exceptionnelles ou quasi exceptionnelles pour une algébroïde donnée.* Note de M. **Nicolas Baganas**, présentée par M. Paul Montel.

1. Dans cette Note nous étendons aux fonctions algébroïdes les théorèmes de M. G. Valiron [1] relatifs aux fonctions entières à valeurs exceptionnelles ou quasi exceptionnelles. Un des importants progrès sur ce sujet, qui a fait antérieurement l'objet des travaux de MM. Carathéodory, Landau, Montel et Fatou, réalisé par M. Valiron, consiste à remplacer la considération des zéros d'ordre multiple d'un entier donné par celle des zéros d'ordre au moins égal à cet entier.

2. Soient $u(z)$ une fonction transcendante algébroïde d'ordre fini ρ et $\nu(z)$ une fonction algébroïde (ou algébrique) d'ordre $\sigma < \rho$.

Rappelons une définition donnée dans une Note précédente : nous dirons que $u(z)$ admet $v(z)$ comme exceptionnelle, au sens de Borel-Montel, si l'ordre réel des points où les fonctions $u(z)$, $v(z)$ prennent la même valeur est plus petit que ρ.

Nous convenons de dire que la fonction $u(z)$ admet $v(z)$ comme exceptionnelle (E_1) lorsque l'ordre réel de la suite des zéros de la fonction $\psi(z) = u(z) - v(z)$, dont l'ordre [2] est plus petit que *deux*, est inférieur

---

[1] *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1059-1061.

[2] Nous précisons ce que nous entendons ici par le mot « ordre » d'un zéro (ξ, η) d'une fonction algébroïde u : soit $r - 1 \geqq 0$, l'ordre de ramification du point (ξ, η); dans le domaine de ce point la fonction u sera représentée par un développement de la forme

$$u = c_s(\xi - y)^{\frac{s}{r}} + c_{s+1}(\xi - y)^{\frac{s+1}{r}} + \ldots + c_{s+n}(\xi - y)^{\frac{s+n}{r}} + \ldots \qquad \left(\underset{c_s \neq 0}{s = \text{entier} \geqq 1}\right).$$

C'est le nombre s/r que nous entendons par le « mot » ordre du zéro (ξ, η) et non pas le nombre s comme il est adopté généralement.

à ρ; et que $u(z)$ admet $v(z)$ comme exceptionnelle (E_2) lorsque l'ordre réel des zéros de la fonction $\psi(z)$ dont l'ordre n'est pas plus grand que *deux* est inférieur à ρ.

Nous dirons enfin qu'une fonction algébroïde est de la classe (A) lorsque l'ordre réel des pôles de sa dérivée est inférieur à l'ordre (apparent) de cette fonction.

Il est évident qu'une fonction entière est de la classe (A).

Dans la suite, nous supposons que la fonction transcendante algébroïde $u(z)$ d'ordre ρ est de la classe (A).

THÉORÈME I. — *Il n'existe pas de fonctions algébroïdes $v(z)$ d'ordre $\sigma < \rho$ ayant au moins trois branches distinctes exceptionnelles* (E_1) *pour la fonction $u(z)$.*

THÉORÈME II. — *S'il existe une fonction algébroïde $v(z)$ d'ordre inférieur à ρ exceptionnelle, au sens Borel-Montel, pour $u(z)$, la fonction $u(z)$ ne peut pas admettre une autre fonction $v_1(z)$, d'ordre $\sigma < \rho$, exceptionnelle* (E_1).

THÉORÈME III. — *Il n'existe pas deux fonctions algébroïdes $v_1(z)$, $v_2(z)$, d'ordre inférieur à ρ, exceptionnelles respectivement* (E_1), (E_2) *pour $u(z)$.*

THÉORÈME IV. — *Il n'existe pas de fonctions algébroïdes d'ordre $\sigma < \rho$ ayant au moins deux branches distinctes exceptionnelles, au sens Borel-Montel, pour $u(z)$.*

Ce dernier théorème généralise, dans le cas des fonctions d'ordre fini, celui de M. H. L. Selberg [3], d'après lequel une fonction transcendante algébroïde $u(z)$ dont la dérivée $u'(z)$ est dépourvue de pôles ne peut admettre plus d'une valeur exceptionnelle.

TOPOLOGIE. — *Sur les groupes d'homéomorphismes également continus du plan.* Note de M. ISTVÁN FÁRY, présentée par M. Élie Cartan.

Soit E le plan euclidien (muni de sa structure métrique). Considérons le groupe $\mathcal{G}$ de toutes les transformations topologiques t de E *sur* lui-même, qui conservent l'orientation. Projetons stéréographiquement le plan sur la sphère et désignons par $\sigma(a, b)$ la distance sphérique des points de la sphère qui correspondent aux points a, b de E. Posons

$$\rho(t, t') = \max_{x \in E} \sigma\big(t(x), t'(x)\big).$$

$\rho(t, t')$ définit alors une métrique et ainsi une topologie dans l'ensemble $\mathcal{G}$; cette topologie est compatible avec la structure de groupe de $\mathcal{G}$.

$\mathcal{G}$ contient le groupe des mouvements euclidien G_E, et comme E est homéo-

(3) *Algebroïde Funktionen und Umkehrfunktionen Abelscher Integrale*, p. 57-58, Oslo, 1934.

morphe au plan hyperbolique, il y a des sous-groupes de $\mathcal{G}$, qui sont isomorphes au groupe des mouvements du plan hyperbolique; soit G_H un de ces sous-groupes de $\mathcal{G}$.

Définition 1. — Les parties M, $M' \subset \mathcal{G}$ sont dites strictement isomorphes, si $M' = \tau M \tau^{-1}$ ($\tau \in \mathcal{G}$) (M' est l'image de M par un automorphisme intérieur du groupe $\mathcal{G}$).

Si M est un sous-groupe de $\mathcal{G}$, M' est un sous-groupe isomorphe; on a aussi isomorphisme des structures topologiques des ensembles M, M', de même chaque transformation $t' \in M'$ possède les mêmes propriétés topologiques que la transformation correspondante $t \in M$ [1].

Définition 2. — Nous appelons $M \subset \mathcal{G}$ un ensemble de transformations également continues, si pour $p \in E$ et pour $\varepsilon > 0$ donné, on a un $\delta(\varepsilon, p)$, tel que $\sigma[t(p), t(x)] \leqq \varepsilon$, si $\sigma(p, x) \leqq \delta(\varepsilon, p)$.

Définition 3. — $M \subset \mathcal{G}$ est appelé A-clos (où A est une partie non vide de E), s'il possède la propriété suivante : s'il y a une suite $t_n \in M$, telle que $\lim_{n \to \infty} t_n(x') = x''$ pour chaque point x' d'une partie A' de E, qui est homéomorphe à A, il existe aussi une $t \in M$, tel que $t(x') = x''$, pour les points x de A'.

Les transformations de G_E ou de G_H sont évidemment également continues et A-clos pour tout A. Les résultats de Hilbert [2], MM. Montgomery et Zippin [3] donnent des critères suffisants pour qu'un sous-groupe G de $\mathcal{G}$ soit strictement isomorphe à G_E ou à G_H. D'autre part, on sait, d'après le théorème de Kerékjártó [4], que l'égale continuité des puissances d'une transformation $t \in \mathcal{G}$ est nécessaire et suffisante pour que t soit strictement isomorphe à une translation, ou à une rotation (à un élément de G_E). Dans cet ordre d'idées nous avons démontré le

THÉORÈME 1. — *Soit* $G \subset \mathcal{G}$ *un groupe d'homéomorphismes jouissant des propriétés suivantes :*

1° G *est un ensemble de transformations également continues;*

2° *Chaque transformation de* G *admet une racine carrée dans* G, *c'est-à-dire, si* $t \in G$, *il y a une* $t' \in G$, *telle que* $(t')^2 = t$.

Dans ces conditions G *est strictement isomorphe à un sous-groupe de* G_E *ou de* G_H.

On démontre d'abord le

THÉORÈME 2. — *En complétant* G *on obtient un groupe* $\overline{G}$, *qui est sous-groupe de* $\mathcal{G}$, *et qui jouit des propriétés* 1°, 2° *du théorème* 1; $\overline{G}$ *est alors* A-*clos pour tout* $A \subset E$.

---

[1] B. DE KERÉKJÁRTÓ, *L'Enseignement mathématique*, 35, 1936, p. 297-307.

[2] *Grundlagen der Geometrie*, (7 edit., Leipzig, 1930), Anhang IV.

[3] ZIPPIN, *Ann Arbor Mich.*, 1941. Je n'ai pu consulter ce travail.

[4] *Acta Szeged*, 6, 1933-1934, p. 235-262; *Ibid.*, p. 226-234.

Les théorèmes suivants donnent la marche de la démonstration du théorème 1, et en même temps ils en expliquent le contenu. Le théorème 2 nous permet de ne considérer que des groupes A-clos; nous supposons alors, dans ce qui suit que G jouit des propriétés 1°, 2° et qu'il est A-clos.

Théorème 3. — *Si toutes les transformations de* G *admettent le même point fixe* o, G *est strictement isomorphe au groupe des rotations autour du point* O.

Théorème 4. — *S'il y a des transformations de* G *qui admettent des points invariants différents,* G *est strictement isomorphe ou bien au groupe* G_E *ou bien au groupe* G_H.

Proposition. — Si aucune transformation de G n'admet de point fixe, $G \subset \mathcal{G}$ est un espace séparable de dimension 1 ou 2.

Théorème 5. — *Si* $\dim G = 1$, G *est strictement isomorphe au groupe des translations le long d'une droite.*

Théorème 6. — *Si* $\dim G = 2$, G *est isomorphe à l'un des groupes suivants : 1° le groupe des translations du plan euclidien; 2° un sous-groupe de* G_H, *qui est simplement transitif* [*à chaque couple de points* p, q *du plan* E *il y a un* $t \in G$, *tel que* $t(p) = q$].

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Le rôle du tenseur moyen dans la détermination des directions principales.* Note de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que les directions principales d'une surface dont le ds^2 et la courbure moyenne sont connus se déterminent par de simples calculs algébriques (¹). La formule qui lie les directions principales aux données s'obtient en exprimant les conditions d'intégrabilité des équations de Codazzi, mais on peut en donner une démonstration plus concrète, et la déduire d'une propriété simple du tenseur

$$(1) \qquad l_{\alpha\beta} = H_{,\alpha\beta} - \frac{H_\alpha A_\beta + A_\alpha H_\beta}{A}.$$

H est la courbure moyenne, A la demi-différence des courbures principales, c'est-à-dire $\sqrt{H^2 - K}$, en désignant par K la courbure totale; la virgule dénote une dérivation covariante. C'est ce tenseur symétrique, déjà considéré par M. H. W. Alexander, que nous appelons le *tenseur moyen* : on peut le construire dès qu'on se donne, en plus du ds^2, la courbure moyenne.

La propriété que nous avons en vue est la suivante : *si l'on désigne par* L_i *les composantes du tenseur moyen sur le repère de Darboux* (²), *la différence* $L_{11} - L_{22}$ *s'exprime en fonction du* ds^2 *et de la courbure moyenne.*

(¹) H. W. Alexander, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 47, 1940, p. 230-253; T. Y. Thomas, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 51, 1945, p. 390-399.

(²) E. Cartan, *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945, p. 128.

Écrivons d'abord, en effet,

$$\frac{2}{A} l_{\alpha\beta} = \left(\frac{H_\alpha}{A}\right)_{,\beta} + \left(\frac{H_\beta}{A}\right)_{,\alpha} - \frac{H_\alpha A_\beta + A_\alpha H_\beta}{A^2},$$

puis nous référant au trièdre de Darboux, formons l'expression

$$\frac{1}{A}(L_{11} - L_{22}) - \Delta_2 \log A + \frac{\Delta_1 H}{A^2};$$

elle s'écrit, a et c désignant les courbures principales,

$$\frac{c_{,11} - a_{,22}}{A} + \frac{(a_2)^2 + (c_1)^2}{A^2},$$

ce qui, compte tenu des équations de Codazzi, est égal à $-2K$; d'où la formule, qui établit notre proposition,

$$(2) \qquad L_{11} - L_{22} = A\,\Delta_2 \log A - \frac{\Delta_1 H}{A} - 2AK.$$

On peut d'ailleurs simplifier le second membre, en introduisant le second tenseur

$$(3) \qquad \varphi_{\alpha\beta} = A_{,\alpha\beta} - \frac{A_\alpha A_\beta + H_\alpha H_\beta}{A},$$

qui est connu dans les mêmes conditions que le tenseur moyen. En posant $2\mathcal{H}_\varphi = g^{\alpha\beta}\varphi_{\alpha\beta}$, on constate que

$$(4) \qquad L_{11} - L_{22} = 2\mathcal{H}_\varphi - 2AK.$$

2. Désignons par l_{ij} les composantes du tenseur moyen par rapport à un repère rectangulaire choisi arbitrairement sur la surface. Si θ désigne l'angle, actuellement inconnu, que fait ce repère avec le repère de Darboux, on a, comme pour tout tenseur symétrique, la relation

$$(5) \qquad (l_{11} - l_{22})\cos 2\theta - 2\,l_{12}\sin 2\theta = L_{11} - L_{22}.$$

C'est la formule qu'il s'agissait d'obtenir : tout y est connu à partir des données, sauf θ.

3. Le procédé tombe en défaut si θ disparaît de la relation (5). Cela n'arrive que si

$$l_{11} = l_{22}, \qquad l_{12} = 0.$$

Le tenseur moyen est alors proportionnel au tenseur métrique : cette propriété caractérise les surfaces d'Ossian Bonnet. On le voit facilement en se référant au repère biisotrope ([3]); si le tenseur moyen est proportionnel au tenseur métrique, ses composantes extrêmes, relativement au repère biisotrope, sont

([3]) Voir notre mémoire du *Bull. Soc. Math.*, 75, 1947, p. 64.

nulles. Or, ces composantes, avec nos notations habituelles, sont, compte tenu de $dH = -2A(r\omega^1 + s\omega^2)$,

$$-2A(r_1 + rs), \qquad -2A(s_2 + rs);$$

en les annulant, on obtient les équations des surfaces d'O. Bonnet sous la forme que nous avons déjà signalée ([4]).

CHRONOMÉTRIE. — *Sur un dispositif de couplage de plusieurs pendules.* Note de M. **Raymond Chaléat**, présentée par M. Jules Haag.

1. Il s'agit du couplage de deux ou plusieurs pendules réalisé de la façon suivante : chaque pendule P_i de pulsation propre ω_i reçoit une impulsion lorsque le pendule P_{i-1} se trouve dans l'angle défini par : $-\beta_{i-1} \leqq \theta_{i-1} \leqq \beta_{i-1}$ et ce une fois par période (coup perdu). C'est une des dispositions possibles *a priori*, pour l'entretien à pendules conjugués qui devient nécessaire dès que l'on désire décharger le pendule libre des diverses fonctions confiées à l'esclave. Un mémoire récent de M. Haag ([1]) permet d'étudier les propriétés principales dans chaque cas; nous lui empruntons, pour être plus brefs, ses notations.

2. Nous admettrons pour le couple électromagnétique appliqué à chaque P_i la loi $\Gamma_i = A_i(k_i - \lambda\theta'_i)$ (1) où λ est un facteur arbitraire dont nous disposerons suivant les propriétés des horloges indépendantes utilisées dans ce montage. En admettant de plus un contact bref au voisinage de la position d'équilibre, les équations de synchronisation s'écrivent :

$$(2) \qquad \begin{cases} \pi\varepsilon_i y_i y_{i-1} = -2A_i\beta_{i-1}\sin(x_i - x_{i-1})[k_i + \lambda\omega y_i\cos(x_i - x_{i-1})] \\ \pi a_i y_i y_{i-1} = -2A_i\beta_{i-1}\cos(x_i - x_{i-1})[k_i + \lambda\omega y_i\cos(x_i - x_{i-1})] \end{cases},$$

d'où l'on déduit le déphasage relatif par

$$(3) \qquad \operatorname{tg}(x_i - x_{i-1}) = \frac{\varepsilon_i}{a_i},$$

ce qui se traduit, en remarquant que

$$(4) \qquad \Sigma(x_i - x_{i-1}) = 0 \qquad \text{par } S_1 - S_3 + S_5 \ldots = 0,$$

où S_p est la somme des produits p à p des ε_i/a_i. Le degré de (4) donne le nombre des points de synchronisation possibles, soit : $n-1$.

Les amplitudes des n pendules sont données par les n relations telles que

$$(5) \qquad \pi\mu_i y_i y_{i-1} = 2A_i\beta_{i-1}\left[k_i - \frac{\lambda\omega y_i a_i}{\mu_i}\right],$$

où l'on pose $\mu_i^2 = \varepsilon_i^2 + a_i^2$; ceci en supposant de plus tous les A_i positifs, ce que l'on peut réaliser en connectant convenablement les bobines d'entretien.

([4]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 214.

([1]) *Annales École Normale*, (3), 64, fasc. 4.

La stabilité s'étudie comme dans le Mémoire cité, en formant un déterminant d'ordre $2n-1$ qui constitue l'équation de stabilité; mais celle-ci et les conditions de stabilité deviennent impraticables au delà de 2 pendules.

Remarque. — L'équation (4) est indépendante des A_i et des k_i; mais ceux-ci interviennent dans l'amplitude, les modifications du couple n'ont pas d'effet direct sur la période, mais l'influent par suite du défaut d'isochronisme.

3. *Cas de deux pendules.* — L'équation (4) se réduit alors à $S_1=0$, ce qui, compte tenu de $\omega_i^2=\omega^2(1+\varepsilon_i)$, donne la pulsation du régime synchronisé par $\omega^2=(a_1\omega_2^2+a_2\omega_1^2)/(a_1+a_2)$; $\operatorname{tg}(x_1-x_2)=(\omega_1^2-\omega_2^2)/(a_1\omega_2^2+a_2\omega_1^2)$ est alors l'expression de la différence de phase relative, elle s'annule pour deux pendules accordés.

En résolvant le système des deux équations (5), l'amplitude de P_1 est donnée par $\lambda a_1 H_1 y_1^2-y_1[1(\mu_1H_1k_1-\mu_2H_2k_2)/\omega-\lambda^2a_1a_2H_1H_2]-\lambda a_2H_1H_2k_1\mu_1/\omega=0$; cette équation du second degré, où $\pi\mu_i^2H_i=2A_i\omega\beta_{i-1}$, admet deux racines opposées, dont la seule positive convient.

Si l'on envisage directement le cas où la force contre-électromotrice induite dans la bobine d'entretien est négligeable, il n'est pas possible de définir les amplitudes. Il est possible d'éliminer cette difficulté en faisant tendre λ vers zéro; on parvient aux conclusions suivantes :

Si $\mu_1H_1k_1-\mu_2H_2k_2>0$, $y_1=+\infty$ et $y_2=0$; si au contraire $\mu_1H_1k_1-\mu_2H_2k_2<0$, $y_1=0$ et $y_2=+\infty$; par contre, si entre les données on a la relation $\mu_1H_1k_1=\mu_2H_2k_2$, P_2 et P_1 prennent une amplitude finie, y_1 étant défini par $y_1^2=\mu_1H_2k_1a_2/\omega a_1$. Nous donnons à cette relation, en dehors de laquelle le mouvement ne correspond à aucune réalité physique, le nom de *condition de synchronisation*.

4. L'étude de la *stabilité* nécessite le développement d'un déterminant du quatrième ordre qui, après suppression de la racine évidente $\rho=0$, se met sous la forme : $\rho^3+M\rho^2+N\rho+P=0$; les conditions de stabilité, $M>0$, $N>0$, $MN-P>0$ ne sont simples que pour deux pendules identiques et se réduisent alors à une seule inégalité, où $\pi J=2A\omega\beta$, manifestement satisfaite

$$16a^3+4a^2\frac{J}{y}\frac{7a^2+3\varepsilon^2}{a^2+\varepsilon^2}+2a\frac{J^2}{y^2}\frac{7a^4+11a^2\varepsilon^2+2\varepsilon^4}{(a^2+\varepsilon^2)^2}+\frac{2J^3}{y^3}\frac{a^2(a^2+2\varepsilon^2)}{(a^2+\varepsilon^2)^2}>0.$$

5. L'étude directe de la stabilité dans le cas où la force contre-électromotrice est négligeable soulève une difficulté par suite de la présence d'une racine nulle dans l'équation de stabilité. L'introduction du facteur λ permet d'élucider ce point. En réduisant les coefficients M, N, P, à leurs parties principales la stabilité est assurée si une condition de la forme $A+\lambda B>0$ est satisfaite, A et B étant des coefficients positifs, elle l'est encore si $\lambda=0$.

6. Nous pouvons affirmer que cette disposition à deux pendules conjugués est stable si la force contre-électromotrice (qui agit comme un amortissement supplémentaire) est notable. S'il n'en est pas ainsi, il est nécessaire de réaliser

entre les données (couples, amortissements, périodes, contacts) une relation déterminée pour que la synchronisation soit effective.

Ceci ne pouvant être obtenu rigoureusement, il n'existe pas dans ce cas particulier de régime synchronisé qui puisse être réalisé matériellement, comme nous avons pu le constater sur un dispositif expérimental.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Renforcement des relations d'incertitude en statistique quantique par l'introduction d'un coefficient complexe de corrélation.* Note (*) de M. **Georges Bodiou**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous considérons le théorème suivant ([1]), A et B étant deux opérateurs linéaires hermitiens dont les dispersions sont σ_A et $\sigma^B\left(\sigma_A^2=\overline{(A-\overline{A})^2}\right)$, on a

$$(1)\qquad \sigma_A\sigma_B \geqq \frac{1}{2}\left|\overline{[A, B]}\right|, \qquad (\text{où } [A, B]=AB-BA).$$

Nous nous proposons de renforcer cette inégalité en démontrant la suivante

$$(2)\qquad \sigma_A\sigma_B \geqq \frac{1}{2}\sqrt{\overline{[\partial A, \partial B]}_+^2+\left|\overline{[A, B]}\right|^2},$$

(où $[\partial A, \partial B]_+$ est l'anticommutateur de $\partial A = A-\overline{A}$ et de $\partial B = B-\overline{B}$, soit $\partial A\,\partial B+\partial B\,\partial A$).

Nous partirons de la définition *classique* du « coefficient de corrélation » de deux variables aléatoires ([2])

$$r_{AB}=\frac{\overline{AB}-\overline{B}\overline{A}}{\sigma_A\sigma_B}.$$

Si A et B sont des opérateurs hermitiens, ce coefficient devient complexe. Soit l'opérateur linéaire non hermitien

$$\rho_{AB}=\frac{[\partial A, \partial B]_+ +[\partial A, \partial B]}{2\sigma_A\sigma_B}=\frac{[A, B]_+ -2\overline{A}B-2\overline{B}A+2\overline{A}\,\overline{B}+[A, B]}{2\sigma_A\sigma_B}.$$

Sa valeur moyenne $\overline{\rho}_{AB}$, dans l'état pour lequel les moyennes de A et B sont $\overline{A}$ et $\overline{B}$, est

$$\overline{\rho}_{AB}=\frac{\overline{[\partial A, \partial B]_+}+\overline{[\partial A, \partial B]}}{2\sigma_A\sigma_B}=r_{AB}$$

(on remarque que $\overline{[\partial A, \partial B]_+}$ est réel et $\overline{[\partial A, \partial B]}=\overline{[A, B]}$ imaginaire pur).

Or nous démontrons que le coefficient complexe de corrélation jouit d'une propriété qui est l'extension de la propriété connue du coefficient classique (celle-ci étant $r_{AB}^2 \leqq 1$) et qui s'écrit $|r_{AB}|^2 \leqq 1$.

(*) Séance du 7 février 1949.

([1]) L. de Broglie, *Particules à spin*, p. 30.

([2]) Traynard et Risser, *Cours Borel*, I_4, p. 134-139; Fréchet, *Cours Borel*, I_{3_1}, p. 73.

En effet, on a

$$|r_{AB}|^2 = \frac{\overline{[\delta A, \delta B]}_+^2 - \overline{[\delta A, \delta B]}^2}{4\sigma_A^2 \sigma_B^2}$$

(puisque $\overline{[\delta A, \delta B]}$ est purement imaginaire et $\overline{[\delta A, \delta B]}_+$ réel; d'où

$$|r_{AB}|^2 = \frac{(\overline{[\delta A, \delta B]}_+ + \overline{[\delta A, \delta B]})(\overline{[\delta A, \delta B]}_+ - \overline{[\delta A, \delta B]})}{4\overline{\delta A^2}\,\overline{\delta B^2}} = \frac{\overline{\delta A\,\delta B}\;\overline{\delta B\,\delta A}}{\overline{\delta A^2}\,\overline{\delta B^2}},$$

ou en désignant par $\vec{\Psi}$ l'état envisagé

$$|r_{AB}|^2 = \frac{[\vec{\Psi}, \delta A\,\delta B\vec{\Psi}][\vec{\Psi}, \delta B\,\delta A\vec{\Psi}]}{[\vec{\Psi}, \delta A^2\vec{\Psi}][\vec{\Psi}, \delta B^2\vec{\Psi}]} = \frac{|[\delta A\vec{\Psi}, \delta B\vec{\Psi}]|^2}{\|\delta A\vec{\Psi}\|^2\|\delta B\vec{\Psi}\|^2},$$

(le numérateur est le carré du module d'un produit scalaire dans l'espace de Hilbert et les facteurs du dénominateur sont les carrés des longueurs des éléments de ce produit scalaire)

ou en posant

$$\delta A\Psi = X, \qquad \delta B\Psi = Y,$$

$$|r_{AB}|^2 = \frac{|[\vec{X}, \vec{Y}]|^2}{\|X\|^2\|Y\|^2}.$$

Or on sait (inégalité de Schwarz) ([3]) que $|[\vec{X}, \vec{Y}]|^2 \leqq \|\vec{X}\|^2\|\vec{Y}\|^2$, donc on a bien $|r_{AB}|^2 \leqq 1$.

Ce qui conduit d'après les valeurs des parties réelle et imaginaire de r_{AB} à

$$\sigma_A\sigma_B \geqq \frac{1}{2}\sqrt{\overline{[\delta A, \delta B]}_+^2 + \overline{[\delta A, \delta B]}^2}$$

ou

$$\sigma_A\sigma_B \geqq \frac{1}{2}\sqrt{\overline{[\delta A, \delta B]}_+^2 + \overline{[A, B]}^2}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Remarques. — 1° L'opérateur $[\delta A, \delta B]_+$ est particulier à chaque état puisque δA et δB dépendent des valeurs moyennes $\overline{A}$ et $\overline{B}$ dans cet état, comme d'ailleurs σ_A et σ_B. On peut cependant le regarder comme commun à tous les états donnant les mêmes moyennes $\overline{A}$ et $\overline{B}$.

2° L'inégalité (2) se réduit à l'inégalité (1) dans tout état où $\overline{[\delta A, \delta B]}_+ = 0$, c'est-à-dire dans tout état où δA et δB anticommutent en moyenne par exemple si A est l'opérateur coordonné q et B l'opérateur moment conjugué $p = (h/2\pi i)(\partial/\partial q)$; on vérifie facilement que δp et δq anticommutent en moyenne quand l'état est gaussien à la fois pour les p et pour les q; on a alors

$$\Psi = \lambda \exp.\left[-\frac{(q-\overline{q})^2}{4\sigma^2} + \frac{2\pi i}{h}\overline{p}q\right].$$

([3]) JULIA, *Introduction aux théories quantiques*, 2, p. 67.

Pour ces états la borne inférieure de $\sigma_A \sigma_B$ donnée par (1), soit $h/4\pi$, peut être atteinte et l'on retrouve ainsi leur privilège parmi les états correspondant aux mêmes moyennes $\bar{p}$ et $\bar{q}$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les notions de masse et d'énergie et le problème des deux corps en relativité cinématique.* Note de M. **Maurice Causse**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Notion d'énergie.* — On peut former, avec l'équation fondamentale [1] et sa composante de temps, de même qu'avec la variable t, deux différentielles totales

$$\text{(1)} \qquad F\left(\frac{V}{Y^{\frac{1}{2}}} - \frac{PY^{\frac{1}{2}}}{Z}\right) - F_t\left(\frac{c}{Y^{\frac{1}{2}}} - ct\,\frac{Y^{\frac{1}{2}}}{Z}\right) = c^2\,\frac{M(\xi)}{\xi^{\frac{1}{2}}}\,\frac{d\xi^{\frac{1}{2}}}{dX^{\frac{1}{2}}},$$

$$\text{(2)} \qquad F_t\left(\frac{c}{Y^{\frac{1}{2}}}\right) - F\,\frac{V}{Y^{\frac{1}{2}}} = \frac{d}{dX^{\frac{1}{2}}}\,M(\xi)\,c^2.$$

Ces deux équations jouent des rôles fort différents. Les seconds membres sont égaux lorsque $M(\xi) = m\,\xi^{\frac{1}{2}}$, mais rien ne justifie encore une telle assimilation. Une Note plus récente de Milne [2] montre le caractère conventionnel et relatif de la notion d'énergie, à propos d'une étude des interactions électrodynamiques aux distances $\sim e^2/mc^2$. C'est de ce principe qu'il faut dès maintenant partir. La notion de potentiel est liée à celle d'énergie, et il est évident qu'elle est absolument arbitraire *a priori*. Une définition quelconque du potentiel impose seulement une équation différentielle à la fonction masse; inversement, si l'on précise la masse, il lui correspondra une définition appropriée du potentiel, du type de Milne par exemple.

2. *Le problème des deux corps.* — Milne ne le résout que lorsqu'une des deux particules est fondamentale, ce qui ôte à la recherche d'une formule symétrique pour le potentiel tout son fondement logique. D'autre part c'est une tautologie que parler de proportionnalité de la masse inerte à la masse gravitationnelle alors qu'on opère sur un seul corps. Nous n'étudierons pas ici le problème complètement, mais une brève analyse suffit pour définir la masse.

Tous les corps placés dans les mêmes conditions ont même accélération. Posons donc pour A et B voisins, de vitesses voisines

$$\frac{dV_1}{dt_1} = \gamma + \gamma_1;\ \frac{dV_2}{dt_2} = \gamma + \gamma_2;\ \frac{dY_1^{-\frac{1}{2}}}{dt_1} = \frac{V_1}{c^2\,Y_1^{-\frac{3}{2}}}(\gamma + \gamma_1);\ \frac{d}{dt_1}\left(\frac{V_1}{Y_1^{\frac{1}{2}}}\right) = \frac{1}{Y_1^{\frac{3}{2}}}(\gamma + \gamma_1).$$

---

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 370.
(2) *Phil. Mag.*, 1943.

L'équation fondamentale s'écrit donc

$$(3)\qquad \frac{d}{dX^{\frac{1}{2}}} M_1(\xi) \frac{V_1}{Y_1^{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{Y_1^{\frac{2}{1}}} \frac{M(\xi)}{\xi^{\frac{1}{2}}} (\gamma + \gamma_1) + \frac{V}{Y_2^{\frac{3}{2}}} \frac{d}{dX^{\frac{1}{2}}} M(\xi).$$

Isolons encore ce qui provient de γ_1 dans le terme dû à la variation de la masse. Nous avons, pour expression de l'action de B sur A

$$F_1 = \frac{1}{Y_1^{2}} \frac{M_1(\xi_1)}{\xi_1^{\frac{1}{2}}} \gamma_1 - \frac{2X^{\frac{1}{2}}}{G(\xi_1)} \frac{dM_1(\xi_1)}{d\xi_1} (\gamma_1^2 + 2\gamma\gamma_1) \frac{V_1}{Y_1^{\frac{1}{2}}}.$$

Nous voyons que dans le cas où $M(\xi)$ n'est pas une constante, le deuxième terme du deuxième membre finit par devenir prépondérant avec $X^{\frac{1}{2}}$ pour des corps de conditions initiales P, V déterminées. Dans ce cas, direction de la force est absolument indépendante de la position du corps B, et l'on écarte tout à fait des conceptions classiques.

On est donc conduit, pour retrouver les conditions habituelles en première approximation, à définir un *corps parfait* pour lequel $M(\xi)$ est une constante et non $m\xi^{\frac{1}{2}}$. D'après la forme de F_1, $M(\xi)$ représente bien une masse gravitationnelle.

Fait fondamental, un peu surprenant au premier abord, l'action B sur A s'exprime alors formellement en fonction d'éléments relatifs à A seul, alors que dans le cas général γ se calcule à l'aide des éléments de A et B. C'est-à-dire qu'on a pas eu besoin d'utiliser le critère de simultanéité.

Donc ce critère n'est pas nécessaire *a priori* dans l'analyse du problème, et par conséquent il n'est pas non plus nécessaire d'utiliser la variable $X^{1/2}$. Remarquons que l'élément différentiel $Y^{1/2}dt$ invariant est exactement celui de la relativité restreinte; par conséquent il n'y a pas lieu d'exiger que $M(\xi)$ se réduise à $mY^{-1/2}$ en première approximation. L'expression de la force correspondant à F en variable t est $\Phi = F\xi^{1/2}$. Les propriétés suivantes sont communes à F et à Φ.

3. Les équations (1) et (2) nous donnent

$$(2)\qquad F_t c - F.V = 0.$$

L'expression générale de F est donc

$$F = k\left(E + \frac{V \wedge H}{c}\right), \qquad F_t = k\frac{E.V}{c}.$$

Il en résulte que (E, H) constituent un 6-vecteur formellement identique au champ électromagnétique.

1° L'intégration de la différentielle totale donne une expression que nous avons toujours le droit d'appeler énergie $E = mc^2 \log \xi^{1/2}$, c'est-à-dire que

l'énergie de toutes les particules fondamentales est nulle, quelle que soit autour la condensation de matière.

Ce fait nous paraît logique, puisque le substratum représente le système stable, d'*énergie minimum*, d'après les idées classiques.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'utilisation thermique du sol.* Note de MM. **Georges Claude** et **André-Georges Claude**, présentée par M. Albert Caquot.

L'un de nous a montré, par le calcul et l'expérience, qu'il était possible d'extraire de l'énergie malgré les faibles différences de température de l'eau de la mer, à l'aide du procédé Claude-Boucherot.

Celui-ci vient d'être retenu par la Commission technique officielle en vue d'applications dans l'Union française.

Il doit également permettre l'utilisation d'une énergie disponible encore beaucoup plus importante, celle qui est utilisable dans la chaleur accumulée dans le sol.

La présente Note détermine la grandeur de cette énergie utilisable.

On sait que la température du sol, dans les premiers kilomètres, augmente régulièrement avec la profondeur et en moyenne de 1 degré centigrade tous les 32^{m} en France.

La température T_0 de surface est $283°$ absolus, et la température T_1 à la profondeur H est $283 + H/32$, d'où $H = 9056(T_1 - T_0)/T_0$.

La chaleur spécifique moyenne des roches est supérieure à 0,19 (granit et quartz 0,19, marbre et calcaires 0,21, basalte 0,20).

La masse spécifique moyenne est 2500^{kg} par mètre cube.

Il en résulte, à la profondeur H une quantité de chaleur disponible égale à $(H/32) \times 0,19 \times 2500$ grandes calories par mètre cube ou 14,84 H.

En captant cette chaleur, la température s'abaisse progressivement et le rendement de Carnot $(T - T_0)/T$ diminue, T étant la température à un instant donné et $T_0 = 283$ la température du sol, source froide.

La température d'origine étant T_1, le rendement moyen sera

$$\frac{1}{T_1 - T_0}\int_{T_0}^{T_1}\frac{T - T_0}{T}dT.$$

Prenons comme variable

$$\frac{T - T_0}{T_0} = \alpha;$$

le rendement d'utilisation sera

$$\frac{1}{\alpha_1 T_0}\int_0^{\alpha_1}\frac{\alpha}{1+\alpha}T_0\,d\alpha = \frac{1}{\alpha_1}[\alpha - ln(1+\alpha)]_0^{\alpha_1}$$

α variera dans cette application de zéro à 0,884 et dans cet intervalle $ln(1+\alpha)$ peut être pris avec une bonne approximation égal ou légèrement supérieur à

$$\alpha - 0,482\,\alpha^2 + 0,208\,\alpha^3,$$

le rendement moyen sera ainsi $(1/\alpha_1)[0,482\alpha^2 - 0,208\alpha^3]_0^{\alpha_1} = 0,482\alpha_1 - 0,208\alpha_1^2$. Bref à la profondeur $H = 9056\alpha_1$ la quantité brute de chaleur égale à $14,84\,H$ ou $134300\alpha_1$ donnera une quantité utilisable en grandes calories égale à

$$134300\,[0,482\,\alpha_1^2 - 0,208\,\alpha^3] \text{ par m}^3.$$

Entre zéro et H le volume par mètre carré de surface sera H, ou $9056\,\alpha_1$ en mètres cubes, et la température variant linéairement la quantité de grandes calories utilisables sera

$$134300 \times 9056\left[\frac{0,482}{3}\alpha_1^3 - \frac{0,208}{4}\alpha_1^4\right] \quad \text{ou} \quad 10^6(196\,\alpha_1^3 - 63,4\,\alpha_1^4).$$

Pour les profondeurs de 2000, 4000, 6000 et 8000^{m}, α_1 est égal à 0,221, 0,442, 0,663 et 0,884, et l'expression précédente donne par mètre carré en grandes calories utilisables

$$1,97.10^6 \qquad 14,54.10^6 \qquad 44,9.10^6 \qquad 97.10^6.$$

Pour nous permettre de comprendre ces grandeurs, évaluons-les en prenant comme unité la chaleur de combustion d'une tonne de charbon, soit 8.10^6 calories.

Nous avons le tableau suivant d'après les profondeurs

2000 m	4000 m	6000 m	8000 m,
0,246 t	1,83 t	5,61 t	12,1 t : m² de surface.

Or, l'ensemble du gisement géologique de charbon représente en France moins de 0,02 tonne par mètre carré de surface.

La chaleur utilisable en énergie représente sur 2000^{m} plus de 12 fois l'énergie totale du charbon et sur 8000^{m} plus de 600 fois.

L'extraction de cette énergie doit être possible au moyen de puits thermo-artésiens, réalisant une circulation automatique à l'aide de forages profonds judicieusement disposés dans les zones géologiques favorables.

THERMODYNAMIQUE. — *Activité thermodynamique et lacune de miscibilité.* Note (*) de M. **Maurice Rey**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que dans une solution la présence d'une lacune de miscibilité indique une forte déviation positive des activités thermodynamiques des composants par rapport à l'idéalité.

(*) Séance du 31 janvier 1949.

Nous allons montrer que la grandeur et la position de la lacune permettent de calculer les courbes d'activité thermodynamique des composants.

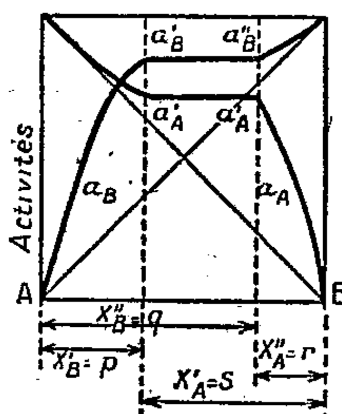
Soit un système binaire des corps A et B présents dans la solution avec les fractions molaires X_A et X_B.

En général les activités des composants peuvent être représentées par des équations à deux paramètres telles que

$$\log a_A = f(X_A, X_B, \beta, \gamma), \tag{1}$$

$$\log a_B = f'(X_A, X_B, \beta, \gamma). \tag{2}$$

Les courbes d'activité se présentent comme il est indiqué à la figure. Dans



chacune des courbes, la lacune correspond à un palier de l'activité, c'est-à-dire que

$$a'_B = a''_B, \tag{3}$$

$$a'_A = a''_A. \tag{4}$$

L'introduction des conditions (3) et (4) dans les équations (1) et (2) permet de calculer les paramètres β et γ en fonction des coordonnées p, q, r, s, de la lacune de miscibilité.

Les équations (1) et (2) utilisées sont, selon les cas, de deux types [notamment Hildebrand (1)].

Équations de Margules

$$\log a_A = \beta X_B^2 + \gamma X_B^3 + \log X_A, \tag{5}$$

$$\log a_B = (\beta + 1,5\,\gamma) X_A^2 - \gamma X_A^3 + \log X_B. \tag{6}$$

Dans ce cas la solution s'exprime par

$$\gamma = \frac{(p^2 - q^2)\log\frac{p}{q} - (s^2 - r^2)\log\frac{s}{r}}{(s^2 - r^2)(p^3 - q^3) - 1,5\,(p^2 - q^2)(s^2 - r^2) + (p^2 - q^2)(s^3 - r^3)}, \tag{7}$$

$$\beta = \frac{1}{p^2 - q^2}\left(-\gamma(p^3 - q^3) - \log\frac{s}{r}\right). \tag{8}$$

(1) *Solubility of non electrolytes.*

Équations de van Laar

(9) $$\log a_A = \frac{\beta X_B^2}{(X_B + \delta X_A)^2} + \log X_A,$$

(10) $$\log a_B = \frac{\beta \delta X_A^2}{(X_B + \delta X_A)^2} + \log X_B.$$

La solution est dans ce cas

(11) $$\delta = \frac{-2pqm \log \frac{p}{q} - n \log \frac{s}{r}}{2\, rsm \log \frac{s}{r} + n \log \frac{p}{q}},$$

où $m = qs - pr$ et $n = q^2 s^2 - p^2 r^2$,

$$\beta = \frac{\log \frac{r}{s}}{\frac{p^2}{(p + s\delta)^2} - \frac{q^2}{(q + r\delta)^2}}.$$

Hildebrand donne des raisons théoriques pour préférer les équations de van Laar. Lorsque les courbes d'activité sont symétriques, les deux systèmes d'équations sont équivalents et se réduisent à

(13) $$\log a_A = \beta X_B^2,$$

(14) $$\log a_B = \beta X_A^2.$$

On a dans ce cas $\gamma = 0$; $\delta = 1$.

D'autre part,

(15) $$\beta = \frac{\log p - \log(1 - p)}{2p - 1}.$$

A titre d'exemple, nous avons appliqué les équations qui précèdent au système zinc-plomb, à 750° C.

Si le zinc a l'indice A et le plomb l'indice B, la lacune de miscibilité correspond, d'après Waring ([2]), à

$$s = 0,9045 \qquad r = 0,428,$$
$$p = 0,0955 \qquad q = 0,572.$$

On calcule que

$$a'_A = a''_A = 0,94,$$
$$a'_B = a''_B = 0,64 \text{ (Margules)} \quad \text{ou} \quad 0,72 \text{ (van Laar)}.$$

Le chiffre de 0,94 pour l'activité du zinc correspond, à quelques centièmes près, à celui que l'on peut déduire des mesures de tension de vapeur du zinc de Jellinek et Wannow ([3]).

La courbe de van Laar est voisine de celle qui est tracée par Lumsden d'après les mêmes données, mais d'après une autre méthode plus compliquée ([4]).

([2]) ANDERSON, SPRINGER et WILCOX, T. P., 570, *A. I. M. E.*, 1934.
([3]) *Z. Elektrochem.*, 41, 1935, p. 346.
([4]) *Faraday Society*, septembre 1948.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Isotherme d'une couche monomoléculaire d'acide laurique*. Note (*) de M[me] **Lisbeth Mibashan-Sharaga**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'objet de ce travail est l'établissement de la courbe de compression d'une couche monomoléculaire d'*acide laurique* étalé sur l'eau acidulée (¹). En raison de la légère solubilité de l'acide laurique dans le support (film instable), ce travail a demandé une technique particulière.

I. *Technique expérimentale.* — Les mesures de la pression superficielle P en fonction de l'aire moléculaire σ ont été faites *par points*, à l'aide du manomètre à suspension pendulaire (à lecture directe) de J. Guastalla (²). L'appareil a été utilisé à trois sensibilités : déplacements de spot de 1^{cm}, de 2^{cm} et de 5^{cm} par dyne/cm. On dépose, sur la plus grande surface liquide possible, une quantité connue d'acide laurique en solution dans un solvant volatil (solvant d'étalement). Dès la disparition de la goutte (2-3 secondes), on comprime le film jusqu'à une aire donnée. La pression superficielle décroît en fonction du temps (solubilité) ; on adopte la valeur de la pression extrapolée au temps zéro (instant de la compression). La figure 1 (A) représente, à titre d'exemple, une des courbes d'extrapolation (pression extrapolée 5,5 dynes/cm ; aire moléculaire correspondante, 34,9 A^2).

Si l'on applique la même technique aux films d'acide myristique (films insolubles stables), la pression reste constante après quelques secondes, ce qui justifie la méthode d'extrapolation [*fig.* 1 (A')].

J'ai effectué deux séries de mesures, sur N/100 HCl, vers 20° C., en employant comme solvant d'étalement soit le benzène, soit un éther de pétrole (fraction de la distillation de l'essence passant entre 60° et 70°). Un fait inattendu a été observé : les isothermes obtenues à partir de ces deux solutions *ne sont pas identiques* (*fig.* 1). Ce fait m'a amenée à comparer les isothermes des films *d'acide myristique* (films insolubles, faciles à étudier par compression directe), étalés à l'aide de ces deux solvants. Si l'on dépose des quantités variables de solution sur une même surface liquide, puis que l'on comprime le film obtenu jusqu'à une pression donnée, on constate que l'aire du film sous pression donnée est *proportionnelle* au volume de solution déposée, si le solvant d'étalement est l'éther de pétrole. Avec les solutions benzéniques, l'aire sous pression donnée varie *linéairement* avec le volume de solution déposée, mais la droite représentant l'aire en fonction du volume de solution passe au-dessus de

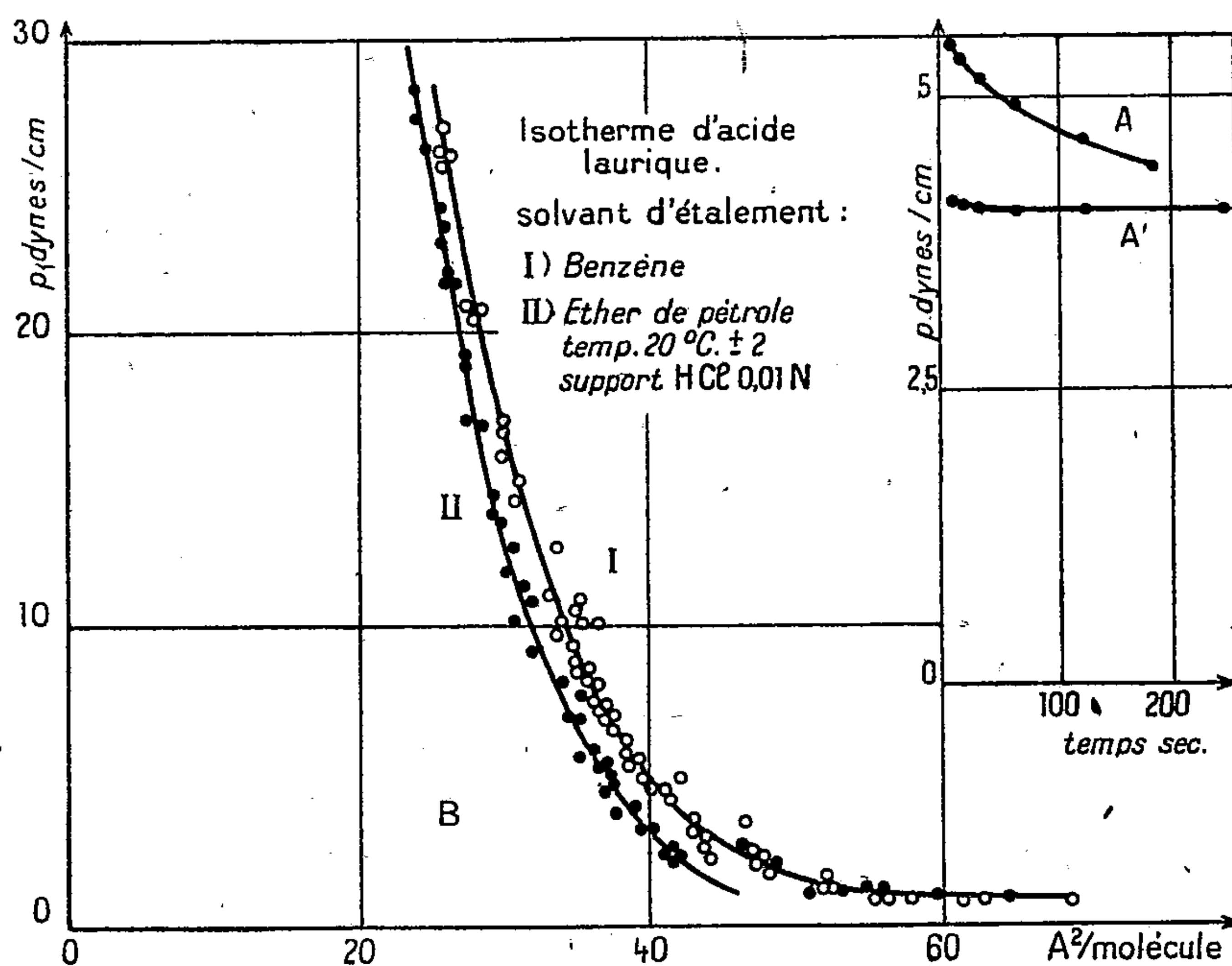
---

(*) Séance du 31 janvier 1949.

(¹) *Cf.* tentatives analogues de : Adam et Jessop, *Proc. Roy. Soc.*, A, **112**, 1926, p. 362 ; Harkins et Fisher, *J. Chem. Phys.*, **1**, 1933, p, 852.

(²) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 973 ; *Cah. de Phys.*, **13**, 1942, p. 5.

l'origine. Il semble que des molécules de benzène restent fixées à la surface de l'eau en même temps que les molécules de l'acide myristique.



Dans ces conditions, en ce qui concerne l'*acide laurique*, j'ai considéré comme seuls valables les résultats obtenus à partir des solutions dans l'essence distillée. La série des points représentés à gauche de la figure 1 correspond à des films étalés sur N/100 HCl, à 20°C. ± 2°. Aucune différence n'a été constatée si l'on augmente l'acidité du support (0,07 N). Dans le petit intervalle de températures exploré, l'action de la température est pratiquement insensible.

II. *Identification à une équation d'état.* — On peut représenter la courbe de compression par l'équation d'état de J. Guastalla (³). Cette équation s'écrit (en fonction des densités superficielles δ, mesurées en A^{-2})

$$p = A\delta^{\frac{5}{2}} - B\delta^{\frac{3}{2}} + 400\delta \qquad \text{pour} \quad T = 19^{\circ}C.$$

L'identification à l'isotherme expérimentale permet de calculer les paramètres A et B. On trouve ici

$$A = 208000, \qquad B = 6950.$$

D'après J. Guastalla, on pourrait écrire $A = 83500\,m^2$, m étant le

(³) *J. Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 310.

moment électrique vertical apparent de la molécule du film. On aurait ici $m = 1{,}58$ debyes.

La courbe en trait plein de la figure 1 représente l'équation d'état ainsi identifiée. La concordance avec les points expérimentaux est très satisfaisante.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *De l'influence d'un champ magnétique homogène et longitudinal sur le rayonnement émis par une préparation radioactive.* Note de MM. **Félix Ehrenhaft** et **R. F. K. Herzog**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note récente [1] nous avons décrit l'expérience au cours de laquelle nous avons soumis le rayonnement d'une préparation de RaE à l'influence d'un champ magnétique homogène et longitudinal. Nous avions constaté un accroissement sensible du pouvoir de pénétration du rayonnement : alors que, pour des conditions expérimentales données, en l'absence de champ magnétique une épaisseur d'Al de $1^{mm},8$ suffisait déjà pour que la plaque photographique ne soit plus impressionnée, celle-ci l'était encore à travers 3^{mm} d'Al après que, toutes choses étant égales par ailleurs, on eut établi un champ magnétique homogène et longitudinal.

D'après MM. A. Cotton, E. Cotton et P. Tauzin [2], un tel effet pourrait être dû à la focalisation des rayons β à laquelle on peut s'attendre en présence d'un champ magnétique. Nous avions pourtant mentionné qu'avec le dispositif expérimental employé une telle focalisation ne pouvait jouer qu'un rôle insignifiant du fait que le diamètre de la préparation ($1^{cm},9$) était supérieur à sa distance à la plaque photographique ($1^{cm},5$). M. Cotton et ses collaborateurs ont effectivement calculé qu'on doit s'attendre ainsi à ce que l'intensité soit multipliée par un facteur de l'ordre de 3,4. Or, si l'on se reporte aux mesures d'absorption des rayons du RaE effectuées par Da Tchang Tcheng et Jeng Tsong Yang [3], on devrait s'attendre à ce que l'intensité initiale des rayons β dût être 100 fois plus importante pour obtenir à travers 3^{mm} d'Al un rayonnement identique à celui obtenu à travers $1^{mm},8$. Il nous a paru indiqué de procéder à une vérification supplémentaire, parce que les mesures du coefficient d'absorption effectuées par ces auteurs avaient été faites avec des feuilles d'Al plus minces et à l'intérieur d'une chambre d'ionisation, tandis que l'effet sur la plaque photographique peut être différent, et qu'il peut s'y ajouter l'effet d'un rayonnement ondulatoire pénétrant. Lors de nos précédentes expériences nous avions procédé avec un temps de pose constant, afin que les deux plaques soient impressionnées par des quantités de rayonnement γ sensiblement égales.

Nous avons maintenant modifié notre ancien dispositif expérimental en

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 626.
(2) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 794.
(3) *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 616.

introduisant un absorbant d'épaisseur constante (2^{mm} d'Al). Le temps de pose au contraire a été diminué, relativement aux photographies prises *sans champ* dans le rapport correspondant à la concentration attendue du rayonnement. La photo *avec champ* fut exposée 24 heures et ensuite celle prise *sans champ* 134,7 heures. Compte tenu de la diminution de radioactivité de la préparation, ceci correspond à un rapport des quantités de rayonnement égal à 1/3,4. La radioactivité de la préparation était au début de l'expérience de 0,49 millicurie ([4]) et à la fin 0,19 d'où l'on peut déduire pour la période la valeur 4,8 jours en bon accord avec celle du RaE (5,0 j.). A propos de la pureté du RaE il faut veiller tout particulièrement au fait que le rayonnement γ émis par des impuretés (RaD par ex.) peut dissimuler l'effet cherché. Il ressortit de cette expérience que, en présence d'un champ magnétique la plaque était nettement impressionnée, alors qu'en l'absence de champ c'est à peine si l'on pouvait discerner une trace de noircissement extrêmement faible. L'effet observé subsiste donc dans ces conditions. Ceci est d'autant plus remarquable, qu'en ce qui concerne la photo prise *sans champ*, la quantité de rayonnement γ agissant sur la plaque était également 3,4 fois plus importante.

Lors de cette expérience on contrôla également la température de la plaque photographique dans le champ magnétique; elle ne dépassa pas 25°C. D'autre part une autre expérience permit de constater que pour les plaques employées (Ilford Q1, qui sont semblables aux plaques Schumann et fort pauvre en gélatine), on n'observait d'accroissement de la sensibilité que pour des températures supérieures à 60°C. Ce phénomène ne peut donc avoir d'influence d'aucune sorte sur les résultats de l'expérience. Le chemin parcouru à l'intérieur de l'émulsion photographique par les rayons β est indépendant d'un champ magnétique perpendiculaire à la plaque. Par suite il ne faut pas s'attendre à ce que la présence d'un champ magnétique modifie le nombre des grains de bromure d'argent qui sont impressionnés. Des expériences d'Eugène Cotton ([5]), il résulte de plus, qu'un champ magnétique ne peut agir sur une plaque photographique comme agent sensibilisateur. Enfin il faut également mentionner que J. Thibaud ([6]) aussi a souvent observé un effet analogue, bien qu'il ait travaillé avec des champs non homogènes, effet dont l'explication lui paraît impossible à l'aide des particules actuellement connues.

([4]) La radioactivité de la préparation fut mesurée dans une chambre d'ionisation étalonnée à l'aide d'une préparation de RaD, dans laquelle se trouvait, en équilibre, du RaD, du RaE et du RaF. La radioactivité du RaF peut être mesurée exactement et l'on peut en déduire la quantité de RaE. A l'intérieur de la chambre, la comparaison des différentes préparations fut effectuée dans une petite boîte d'aluminium de 0^{mm},8 d'où ne pouvaient sortir que les rayons β du RaE.

([5]) *Ann. de Phys.*, 19, 1944, p. 215.

([6]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 984; 224, 1947, p. 738 et 914.

IONISATION DANS LES GAZ. — *Sur la respiration des redresseurs à vapeur de mercure au moment d'un arc en retour.* Note (*) de MM. **André Lutz** et **Roger Coumes** †, présentée par M. Jean Cabannes.

La *respiration* d'un redresseur à vapeur de mercure est la variation périodique de la densité de vapeur neutre dans l'atmosphère du redresseur. Le présent travail demandait donc d'une part la mesure relative de la densité instantanée de vapeur neutre, d'autre part l'étude d'un dispositif provoquant des arcs en retour dans le redresseur étudié sans détérioration de celui-ci.

Le redresseur étudié et les jauges à ionisation pour la mesure de la densité ont été décrits dans un article précédent ([1]). Ces jauges, placées dans le plasma de l'arc, étaient toujours protégées par un écran dont le potentiel était fixé par rapport à celui de la cathode de mercure du redresseur.

Nous avons repris les mesures de MM. Herreng et Bruant, et nous les avons étendues à d'autres points de l'atmosphère du redresseur.

Les conditions de fonctionnement des jauges étaient les suivantes :

$V_g = +31$ V, potentiel de grille par rapport à la cathode de la jauge;

$V_p = -10$ V, potentiel de plaque par rapport à la cathode de la jauge;

$I_g = 2$ mA, courant de grille maintenu constant par variation du chauffage. Écran au potentiel de la cathode de mercure.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Dans la chambre de condensation la respiration est à peu près nulle.

2° Immédiatement au-dessus de la cathode (à 6^{cm} de celle-ci environ) on peut mettre en évidence une variation périodique de la densité de fréquence 100 (c'est-à-dire double de la fréquence de la tension d'alimentation du redresseur), mais le phénomène est très instable, même après fixation magnétique de la tache cathodique.

3° Dans le bras d'anode on observe une variation de la densitc à la fréquence 50 présentant 2 maxima, comme l'indique le schéma d'oscillogramme ci-contre. Ces deux maxima correspondent probablement aux deux passages de l'arc pendant la période.

La mesure simultanée de la densité moyenne, par un microampèremètre placé dans le circuit plaque de la jauge, et de la composante alternative, par étalonnage de l'oscillographe cathodique, a permis d'évaluer le taux de modulation à 2,5 %; pour un débit de 20 ampères.

Pour la production d'arcs en retour nous avons simplement laissé croître la densité moyenne de vapeur en calorifugeant la chambre de condensation. La

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) Herrenz et Bruant, *R. G. E.*, 1945, p. 305.

protection de l'ampoule et du transformateur, au moment des arcs en retour, était assurée par le montage de Prince ([2]).

L'étude de la variation de densité a été faite dans le bras d'anode. Celle-ci

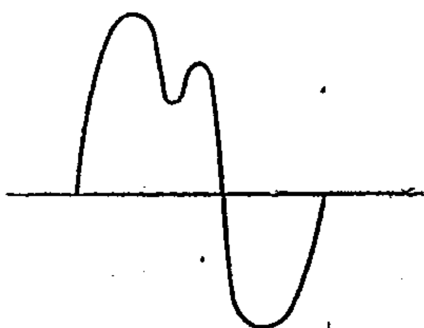


Fig. 1.

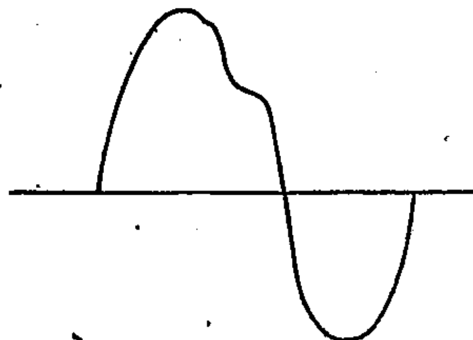


Fig. 2.

ne révéla aucune modification importante de la respiration, seul un des deux maxima de la composante alternative disparaît, toujours le même, car c'est la même anode qui a tendance à devenir cathode. On peut penser que l'arc en retour n'intéressant pas la cathode du redresseur étudié va ioniser des atomes neutres sans en produire de nouveaux, ou tout au moins le nombre d'atomes est bien inférieur à celui produit par l'arc normal, d'où la simple disparition du deuxième maximum.

OPTIQUE. — *Sur la détermination des indices et des épaisseurs des couches minces.* Note de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. La première méthode est basée sur le théorème suivant :

Le facteur de réflexion d'un milieu stratifié quelconque (absorbant ou non) recouvert d'une lame transparente homogène et isotrope quelconque, est le même que si celle-ci n'existait pas pour l'angle d'incidence $\overline{\varphi}_0$ pour lequel le coefficient de réflexion sur la première intersurface est nul.

Ce théorème, qui est presque évident, se démontre facilement. Il permet une détermination rapide de l'indice de réfraction des couches minces transparentes. On mesure le facteur de réflexion d'une lame de verre, recouverte sur une moitié d'une couche mince, la lumière incidente étant polarisée linéairement avec le vecteur électrique dans le plan d'incidence. On détermine l'incidence $\overline{\varphi}_0$ pour laquelle les facteurs de réflexion des deux moitiés sont égaux et l'on en déduit l'indice de réfraction n_1 de la couche par la relation $\operatorname{tg}\overline{\varphi}_0 = n_1/n_0$, n_0 étant l'indice de réfraction du premier milieu (en général l'air). Pour les substances dont l'indice n'est pas trop différent de celui, n_2, du verre support (par exemple $n_2 - 0{,}3 < n_1 < n_2 + 0{,}3$), on peut utiliser un dispositif simple : un goniomètre est muni d'un nicol à la sortie du collimateur.

([2]) *Trans. A. I. E. E.*, juin 1927, p. 1064.

Le faisceau monochromatique parallèle qui en sort éclaire une plage circulaire de la lame de verre dont une moitié est traitée et l'autre ne l'est pas. On vise cette plage avec la lunette sans oculaire. Les intensités réfléchies par les deux moitiés varient en sens contraire, ce qui permet de déterminer avec une assez bonne précision l'incidence pour laquelle elles ont le même éclairement. On a $\bar{\varphi}_0$ à quelques minutes près, ce qui correspond à une incertitude de quelques unités de la troisième décimale sur n_1. Pour les couches d'indice très différent de celui du support, ce dispositif n'est pas assez précis, car les variations des facteurs de réflexion avec l'incidence ne sont pas assez rapides au voisinage de $\bar{\varphi}_0$. Dans ce cas, il vaut mieux déterminer expérimentalement les courbes donnant les variations avec l'incidence des facteurs de réflexion des deux moitiés de la lame de verre et prendre leur intersection.

Cette méthode n'implique aucun calcul numérique. D'autre part, elle n'exige pas la connaissance de l'indice de réfraction du verre support et permet à celui-ci de posséder une couche de passage superficielle. Elle est indépendante de l'épaisseur de la couche à étudier, mais il y a une épaisseur optimum de celle-ci, qui correspond aux variations les plus rapides du facteur de réflexion de la surface traitée au voisinage de $\bar{\varphi}_0$.

II. La détermination simultanée de l'indice et de l'épaisseur de la couche peut se faire en étudiant la polarisation de la lumière réfléchie par un support traité. Dans le cas général, les calculs sont longs et l'on doit procéder par interpolation graphique. Une grande simplification s'introduit si la couche a une épaisseur optique supérieure à $\lambda/4$. Pour l'angle d'incidence $\varphi_0^\star$ pour lequel celle-ci est égale à $\lambda/4$, la vibration réfléchie est rectiligne. Soient alors B le rapport des amplitudes réfléchies des vibrations parallèle et perpendiculaire au plan d'incidence, n_2 et φ_2 l'indice et l'angle de réfraction dans le support. On peut montrer que $n_1^2 = x$ est racine de l'équation du troisième degré suivante

$$a(1-\mathrm{B})x^3 + [a(e+\mathrm{B}d) - b(1+\mathrm{B})]x^2 + [c(1+\mathrm{B}) + b(\mathrm{B}d - e)]x + c(e - \mathrm{B}d) = 0,$$

où l'on a posé

$$a = \cos\varphi_0^\star \cos\varphi_2^\star, \qquad b = n_0 n_2, \qquad c = n_0^3 n_2 \sin^2\varphi_0^\star,$$
$$d = ab + n_0^2 \sin^2\varphi_0^\star, \qquad e = ab - n_0^2 \sin^2\varphi_0^\star$$

Une fois n_1 déterminé, on aura l'épaisseur de la couche en écrivant que l'épaisseur optique correspondant à l'incidence $\varphi_0^\star$ est de $\lambda/4$, c'est-à-dire que $d_1 = \lambda/4\sqrt{n_1^2 - n_0^2 \sin^2\varphi_0^\star}$.

B est déterminé pour la position du polariseur dans un azimut A de 45°, c'est-à-dire que la vibration que celui-ci laisse passer est à 45° du plan d'incidence. Ceci est en général difficile à obtenir avec précision, mais on remarquera que pour A quelconque la vibration réfléchie correspondant à $\varphi_0^\star$ sera toujours rectiligne. On fera donc des mesures avec A quelconque (différent toutefois de 0° et de 90°) et l'on déterminera ainsi $\varphi_0^\star$. Pour cette incidence on fera deux

mesures : l'une correspondant à un azimut A_1 (que nous ne connaissons pas) et l'autre à $A_1+90°$. A partir de celles-ci on pourra déterminer B et A_1. Soient χ_1 et χ_2 les angles dont les vibrations réfléchies ont tourné à partir des vibrations incidentes A_1 et $A_1+90°$ et posons $y=\text{tang}\,A_1$. On démontre facilement que

$$y^2+(\text{tg}\,\chi_1+\text{tg}\,\chi_2)y-1=0, \qquad B=\frac{1-y\,\text{tg}\,\chi_1}{1+y\,\text{tg}\,\chi_2}.$$

SPECTROSCOPIE. — *Spectre de Raman du fluorure acide de potassium et structure de l'ion* FHF. Note de Mlle **Lucienne Couture** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'analyse aux rayons X des cristaux de fluorure acide de potassium KHF_2, dont la symétrie est $D_{4h}(4/m\ 2/m\ 2/m)$, montre qu'ils contiennent des ions FHF^- [1]. En supposant que ces ions sont linéaires et symétriques (groupe $D_{\infty h}$), une seule de leurs trois oscillations fondamentales doit être active en effet Raman : l'oscillation totalement symétrique ν_1. Les deux autres (ν_3 antisymétrique par rapport au centre, ν_2 dégénérée) sont actives dans l'absorption infrarouge seulement.

En évaporant lentement, à 17°C., sur acide sulfurique et dans des vases paraffinés, des solutions saturées du composé cherché additionnées d'un excès d'acide fluorhydrique, on obtient des plaques monocristallines perpendiculaires à l'axe quaternaire, d'épaisseur suffisante pour qu'on en puisse étudier l'effet Raman transversal, en les éclairant suivant l'axe. Dans ces conditions expérimentales, l'étude du facteur de dépolarisation ρ permet de distinguer les raies dues aux oscillations de type E_g d'une part ($\rho=\infty$), de types A_{1g}, B_{1g}, B_{2g} de l'autre ($\rho=0$). Nous avons obtenu les résultats expérimentaux suivants :

Fréquences en cm⁻¹	90	100	136	595	604
ρ......................	0	∞	0	0	0

Les trois premières raies appartiennent vraisemblablement au spectre des oscillations externes du cristal ; les valeurs indiquées ne sont d'ailleurs qu'approximatives et nous espérons que l'étude de cristaux plus volumineux donnera des résultats plus sûrs.

Le doublet situé vers 600 cm^{-1} apparaît au contraire très nettement. On doit l'attribuer à l'oscillation ν_1. Rappelons que, dans une étude détaillée du spectre infrarouge de KHF_2, Ketelaar [2] a déduit de l'analyse des fréquences de combinaison, que l'oscillation ν_1 inactive en absorption devait avoir une fréquence voisine de 550 à 580 cm^{-1}.

---

(1) R. M. Bozorth, *J. Am. Chem. Society*, 45, 1923, p. 2128.
(2) *Rec. Tr. Chim. Pays-Bas*, 60, 1941, p. 523.

Le dédoublement de la fréquence ν_1 peut s'interpréter de plusieurs façons. Ketelaar (*loc. cit.*) a trouvé deux bandes d'absorption à 1222 et à 1450 cm^{-1}, qu'il attribue toutes deux à l'oscillation fondamentale ν_3 ; le dédoublement serait dû à l'existence d'une résonance entre les deux configurations FHF et FHF [3]. Le cas des raies à 595 et 604 cm^{-1} relève-t-il de la même explication? Ces deux raies, ayant la même polarisation dans le cas étudié, pourraient avoir le même type de symétrie, comme l'exige l'hypothèse d'une résonance. Que leur écart soit très inférieur à celui des composantes de ν_3 est naturel, car le déplacement de l'atome H suivant l'axe F — F est bien plus faible dans l'oscillation ν_1 que dans l'oscillation ν_3. Toutefois l'interprétation précédente laisse prévoir que les intensités des deux composantes du doublet devraient être égales ; or la raie 595 est nettement plus intense que la raie 604.

Une autre explication du dédoublement repose sur le fait que la maille élémentaire du cristal contient deux ions FHF. Il faut donc coupler entre elles les oscillations fondamentales de ces ions, en tenant compte de leur symétrie dans le cristal. On prévoit alors que l'oscillation ν_1 doit donner naissance à deux raies, l'une de type A_{1g}, l'autre de type B_{1g}, d'intensités différentes [4]. Une étude de l'effet Raman pour d'autres orientations du cristal devra donner les types des raies en question et permettre de choisir entre les explications qui précèdent. La séparation des niveaux de la vibration ν_1 diffère de celle des niveaux de base de 9 cm^{-1} dans la première interprétation, d'une quantité bien inférieure dans la seconde. Si d'ailleurs il y a une résonance entre deux configurations de symétrie $C_{\infty v}$, les règles de sélection indiquées plus haut ne forment qu'une première approximation : les oscillations ν_1 ν_2 et ν_3 doivent être actives à la fois en absorption et en diffusion. La recherche de raies de Raman vraisemblablement faibles aidera à éclaircir ce point.

Si, comme Ketelaar (*loc. cit.*) et Glockler [5] le font, on applique le système des forces de valence à l'ion FHF, on voit que les fréquences ν_1 et ν_3, ne sont pas dans le rapport attendu. Au lieu de $\nu_3 = 6{,}2\nu_1$, on trouve $\nu_3 = 2{,}2\nu_1$. Il nous paraît cependant probable que la valeur donnée par Ketelaar à la fréquence ν_3 est correcte et que l'écart entre le calcul et l'expérience doit avoir essentiellement la cause suivante : s'il est licite d'utiliser le système des forces de valence à la détermination de l'oscillation ν_3, où les atomes F se déplacent ensemble par rapport à l'atome H, le calcul de la fréquence ν_1 doit faire intervenir les actions mutuelles des atomes de fluor. En effet, le rayon de l'ion F^- est 1,33 Å, alors que la distance F — F dans le

---

(3) Contre cette interprétation, on a d'ailleurs élevé récemment des objections fondées sur la mesure de la chaleur spécifique (K. S. Pitzer et E. F. Westrum, *J. Chem. Physics*, 15, 1947, p. 526) et de la constante diélectrique (D. Polder, *Nature*, 160, 1947, p. 870).

(4) Une explication analogue ne peut s'appliquer au doublet ν_3.

(5) G. Glockler et G. E. Evans, *J. Chem. Physics*, 10, 1942, p. 607.

cristal étudié est seulement 2,25 Å, soit beaucoup moins du double. Il y a donc une déformation considérable des ions F^-, qui doit entraîner des forces de répulsion importantes lorsque leur distance diminue et contribuer à accroître la valeur de ν_1.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Dosage absolu des neutrons d'une pile atomique par la méthode photographique.* Note de MM. **Pierre Cüer, Max Morand, Thomas King, Raymond Locqueneux**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de la réaction $N_{14}(n, p)C_{14}^*$, $Q = \sim 0{,}6$ Mév, avec des émulsions chargées, effectuée par l'un de nous ([1]), a montré l'intérêt de cette méthode pour mesurer des flux importants de neutrons lents. Toutefois, en raison de l'inhomogénéité de l'imprégnation, de l'incertitude sur le pouvoir d'arrêt et du fond continu de protons, cette technique méritait d'être précisée grâce à l'emploi d'émulsions ordinaires et de neutrons plus homogènes, mieux épurés des neutrons rapides. Une émulsion Ilford C_2, épaisseur 50^μ, a été exposée dans la colonne de graphite de la G.L.E.E.P. de Harwell; intensité résiduelle des neutrons : environ 10 % de celle du début de la colonne et 0,1 % de celle du centre de la pile. Le dépouillement a fourni des résultats intéressants sur : 1° le flux total de neutrons durant certaines conditions de fonctionnement de la pile; 2° le pouvoir filtrant du graphite; 3° la valeur expérimentale précise du pouvoir d'arrêt des émulsions nucléaires pour des particules chargées de faible énergie; 4° la distribution des zones de sensibilité variable dans une émulsion standard. Dans cette Note nous discuterons 1° et donnerons la valeur de 2°. Les conditions de bonne géométrie réalisées dans ces expériences sont particulièrement bien utilisées avec une émulsion de faibles dimensions et d'épaisseur très petite par rapport au libre parcours moyen des neutrons thermiques et subthermiques dans le graphite et dans l'émulsion. Cependant le spectre énergétique des neutrons utilisés n'était pas donné, ni la répartition spatiale de leur intensité ([2]). Si l'on admet que cette intensité est en majeure partie perpendiculaire à l'émulsion, le nombre Φ de neutrons incidents par centimètre carré est donné par $n/M.\Delta R.\sigma_N$, où n est le nombre de traces de désintégration dans l'émulsion par centimètre carré de surface; M, le nombre d'atomes d'azote par centimètre cube d'émulsion; ΔR, l'épaisseur de l'émulsion vierge; σ_N, la section de désintégration. L'examen doit être effectué sur des zones de plusieurs centimètres carrés, au centre de la plaque; nous avons, en effet, rencontré quelques domaines de moindre sensibilité, et la bordure de la plaque,

---

([1]) P. Cüer, *J. de Phys. et Rad.*, 8, 1947, p. 83.

([2]) L'exactitude de notre mesure de flux dépend, évidemment, de ces renseignements que nous espérons bientôt obtenir.

traitée normalement, accuse parfois une moyenne inférieure à la véritable valeur. La statistique a été poussée assez loin (10000 traces) pour rendre l'erreur probable relative négligeable. Le pourcentage de perte, en traces très inclinées dans les zones de sensibilité normale, a été soigneusement contrôlé : il est négligeable. Nous avons trouvé $n = (4{,}16 \pm 0{,}07).10^5$. La dispersion expérimentale (5,9) est légèrement supérieure à la dispersion due à une répartition au hasard (4,6), ce qui s'explique quantitativement par la présence de zones un peu moins sensibles.

Examinons les différentes causes d'incertitude dans le calcul de Φ. Traces parasites dues au B : on sait que l'émulsion contient moins d'un atome de B pour 10000 [3]; d'autre part, le long parcours des $\alpha + \mathrm{Li}$ de B serait évidemment difficilement discernable; cependant, dans la courbe très précise de répartition des traces en longueur, le groupe 15 fois plus important à $\sim 4^{\mu},8$, pourrait être détecté à 5% près, ce qui détermine la contribution maximum de B. Incertitude sur M : c'est celle de la concentration des éléments dans l'émulsion $\sim 2\%$ [3]. Incertitude sur ΔR : c'est la principale cause d'erreur; la mesure des épaisseurs sur des échantillons vierges analogues est difficile, car elles diffèrent souvent de 2 à 3^{μ}, selon les zones, dont le repérage nécessite une vis micrométrique très précise. Incertitude sur σ_N : une colonne suffisamment longue de graphite élimine pratiquement les $\lambda < 2d$ (d, distance réticulaire du cristal), soit $E > 0{,}015$ év.; le nombre de neutrons froids dans notre cavité de profondeur finie n'était donc pas négligeable; les niveaux de N_{14} étant rares et larges, il est probable que cette région est assez en dessous du premier niveau de résonance, ce qui permet de postuler la loi en $1/v$; N_{14} est cependant très particulier, puisque la section de scattering, même pour des neutrons épithermiques est ~ 10 fois supérieure à celle de capture, ce qui rend les mesures habituelles $(\sigma_t - \sigma_s)$ très délicates; nous avions déterminé $\sigma_N = 1{,}3$ barn., pour des neutrons ralentis par un bloc limité de paraffine, donc de température élevée, en accord avec les mesures de Lapointe et Rasetti corrigées avec les valeurs plus précises $\sigma_B = 703\,b$, $\sigma_{Li} = 64\,b$ [4]; Segré indique $\sigma_N = 1{,}75\,b$ pour des neutrons de 2200 m/sec. En raison de cette difficulté, un dosage plus précis aurait pu être effectué avec un ralentisseur de paraffine. La valeur $1{,}5.10^{10}$ trouvée pour Φ peut donc être en excès de 20 à 30%. Après détermination de σ_N en fonction de v (que nous entreprenons actuellement), avec des émulsions homogènes bien couchées et une redétermination de la proportion de B, il sera possible d'atteindre une précision de $\sim 5\%$, ce qui placera la plaque photographique parmi les meilleurs détecteurs absolus de flux. Nous pensons améliorer cette

---

(3) ILFORD Ltd, communication privée.

(4) H. L. ANDERSON, E. FERMI, A. WATTENBERG, G. L. WEIL et W. H. ZINN, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 16.

précision dans les mesures de flux isotropes, où ces deux causes principales d'incertitude sont éliminées, le résultat du dosage étant exprimé sous la forme nv (n, densité neutronique; v, vitesse). Avec les émulsions actuelles, chargées ou non en B, Li, en faisant varier les épaisseurs et les grossissements, on peut déjà doser facilement de 10^7 à 10^{11} neutrons par centimètre carré avec des traces individuelles. A l'aide d'émulsions à pH élevé, Cüer et Morand ([5]) ont même pu doser le flux très faible des neutrons lents cosmiques au niveau de la mer.

Pour préciser expérimentalement la possibilité des mesures de filtrage, nous avons mesuré le coefficient de pureté en neutrons de $E > 0,5$ MéV (nombre de neutrons de $E > 0,5$ MéV par rapport au nombre total); on trouve $(5 \pm 1).10^{-6}$, la précision étant limitée, vers les plus faibles valeurs, par les traces de contamination affaiblies, provenant principalement de l'air.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Perfectionnements à la méthode interférométrique d'enregistrement de la diffusion verticale dans les liquides et de la sédimentation.* Note de MM. **Louis Nicolas** et **Edouard Calvet**, transmise par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons modifié l'interféromètre qui nous servait à enregistrer la diffusion verticale dans les liquides ([1]) de manière à rendre cet appareil beaucoup plus lumineux. D'autre part, nous adaptons ce nouveau montage à l'étude de la sédimentation dans l'ultra-centrifuge.

Principe de la nouvelle méthode utilisée. — Nous utilisons deux miroirs de Jamin verticaux réglés sensiblement au parallélisme et éclairés par un faisceau cylindrique de lumière monochromatique diaphragmé par une fente verticale dont la largeur est de l'ordre de 1 à 5^{mm}.

Les deux faisceaux verticaux qui se propagent entre les deux miroirs traversent une double cuve identique à celle que nous utilisions dans notre ancien montage; l'un des faisceaux traverse la cuve témoin contenant un liquide homogène, l'autre traverse la cuve laboratoire dans laquelle un processus quelconque de diffusion verticale se produit.

A la sortie de ce système interférentiel, un objectif donne l'image du plan moyen de la double cuve sur un film photographique qui se déplace d'un mouvement uniforme en arrière d'une fente verticale de 1/10 de millimètre de largeur.

On observe dans le plan conjugué de la double cuve des franges horizontales

---

([5]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1146.

([1]) E. Calvet, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 597; 221, 1945, p. 403; 222, 1946, p. 1295 et *J. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 37-53; 43, 1946, p. 84-87; 44, 1947, p. 47-51; 44, 1947, p. 245 et n° 12, décembre 1948.

extrêmement nettes qui dessinent les courbes d'égale concentration du liquide contenu dans la cuve laboratoire avec un certain grandissement G. La déviation verticale due à la traversée du liquide n'entre pas en jeu du fait que le plan de la double cuve et celui du film enregistreur sont conjugués.

Deux lignes horizontales consécutives du tableau de franges correspondent toujours à la même différence de marche $\delta = e.\Delta n$ donc au même intervalle de concentration Δc.

Les intersections de ces franges horizontales avec la fente verticale de l'enregistreur dessinent sur le film *des courbes d'égale concentration* dans le plan des x et des t (x étant les niveaux des différents points du liquide, avec le grandissement G; t représentant le temps).

Le résultat final est identique à celui que nous avions obtenu avec nos précédents appareils qui utilisaient les fentes d'Young ou le dispositif de Rayleigh.

Les avantages du nouveau dispositif sont les suivants :

1° L'appareil est considérablement plus lumineux. On augmente l'éclairement de l'image définitive en interposant entre l'objectif et la fente de l'enregistreur une lentille cylindrique à axe vertical qui ne modifie pas le grandissement vertical de l'image de la cuve, mais qui condense la lumière sur la fente de l'enregistreur en réduisant la largeur de l'image.

2° Les intersections des lignes d'égale concentration dessinées sur l'image définitive (lignes horizontales) avec la fente verticale de l'enregistreur sont toujours nettes et le réglage de la verticalité de la fente de l'enregistreur n'a pas besoin d'être aussi précis que celui de notre précédent montage, où les franges étaient verticales et devaient être primitivement rigoureusement parallèles à la fente de l'enregistreur.

Nous utilisons actuellement couramment cet appareil à la place de notre ancien dispositif. Nous avons vérifié que *les clichés obtenus sont absolument identiques avec les deux procédés* (en dehors des avantages de luminosité et de facilité de réglage en faveur de notre nouveau montage).

Montage du nouveau dispositif sur l'ultra-centrifuge. — Nous construisons une double cuve qui sera mise à la place de la simple cuve portée par le rotor de l'ultra-centrifuge (celle du Laboratoire Central des Services Chimiques de l'État); le plan de la cloison qui sépare les deux parties de la double cuve passant par l'axe de rotation.

Les faisceaux qui se propagent verticalement (et non horizontalement comme dans le montage précédent destiné à l'étude de la diffusion) passeraient successivement d'abord à travers la première partie de la double cuve, puis à travers les deux parties et enfin à travers la deuxième seulement si le précédent montage n'était pas modifié. Il en résulterait un fond lumineux continu qui diminuerait le facteur de visibilité des franges. Ainsi, l'intensité du fond continu étant supposée être environ le 1/3 de celle des franges brillantes, ce

facteur de visibilité serait

$$\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} = 50\,\%.$$

Pour éviter cet inconvénient nous travaillons à une modification de notre montage et nous donnerons bientôt les résultats de nos recherches.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formule de calcul approché de la dilatation des verres silicatés.* Note (*) de M. **André Danzin**, présentée par M. Paul Pascal.

Le coefficient de dilatation des verres minéraux, entre la température ambiante et le début du domaine de transformation, est compris approximativement entre 30.10^{-7} et 120.10^{-7}, au moins pour les verres silicatés complexes utilisés normalement. Il est physiquement imprécis si l'on ne prend pas soin de définir le recuit et les températures entre lesquelles on effectue les mesures. Il varie de 1 à 2 % avec l'histoire de la fusion du verre, si bien qu'il ne faut pas attacher à une composition donnée une dilatation définie à mieux que 1 ou 2 %. Cette précision est cependant suffisante pour satisfaire aux applications techniques du verre, y compris les scellements verre-métal.

Différents auteurs ([1]), ([2]), ([3]), ([4]) ont proposé de calculer la dilatation à partir de la composition chimique, exprimée en teneurs pondérales des différents oxydes constitutifs dans la composition enfournée. Les formules sont toutes du type

$$\alpha_c = \Sigma p_i a_i,$$

où α_c est la dilatation cubique, p_i, les teneurs pondérales en chacun des oxydes, a_i, des coefficients caractéristiques des oxydes, parfois fonction de p_i.

La plupart de ces formules sont linéaires en p_i et reviennent à considérer le verre comme un simple mélange.

En dehors de toute cause d'erreurs provenant de cette approximation, il est clair que l'on néglige des facteurs importants comme la teneur en gaz dissous et les déchets dus aux volatilisations partielles des oxydes, variables d'une manière peu connue avec la température de fusion.

Devant les résultats fortement erronés donnés par les formules connues dans le domaine de certains borosilicates, comme le Pyrex, et de certains verres au plomb exempts d'alcalins, j'ai cherché, à la suite de M. G. de Fréminville, à établir une formule sur le même schéma d'additivité que les précédentes et dont la validité ne soit pas circonscrite à des domaines chimiques limités.

(*) Séance du 5 juillet 1948.

([1]) Winkelmann und Schott, *Ann. Physik.*, 51, 1894, p. 735.

([2]) English and Turner, *J. Am. Ceram. Soc.*, 1, 1927, p. 551.

([3]) Gilard et Dubrul, *Verres Silicicates Ind.*, 5, 1939, p. 122.

([4]) Renker, *Thèse*.

J'ai obtenu les coefficients suivants, valables pour les verres silicatés où la teneur en silice excède 30 % au facteur 10^{-7} près.

TABLEAU I.

	SiO_2.	B_2O_3.	Al_2O_3.	MgO.	ZnO.	CaO.	BaO.	PbO.	Na_2O.	K_2O.
a.....	0,20	1,3	1,65	2,0	1,6	4,8	3,4	2,5	17 − 0,3 p (verres pauvres en éléments lourds) 17 − 0,1 p (verres où la teneur PbO + BaO excède 18%)	15 − 0,3 p 15 − 0,1 p

La formule donne le coefficient de dilatation moyen entre 25° et 325°C. pour un verre recuit dans les conditions habituelles à la verrerie soufflée (élimination des tensions internes par un palier de 20 minutes à température convenable).

On notera que par le jeu du coefficient de correction relatif à la soude, les coefficients précédents coïncident approximativement avec ceux d'English et Turner lorsque la teneur en soude est proche de 14 %, ce qui est le cas de la partie du ternaire, SiO_2, CaO, Na_2O exploité industriellement. Par contre des erreurs considérables sont évitées dans la plupart des autres compositions vitrifiables. En voici quelques exemples, au facteur 10^{-7} près :

TABLEAU II.

	SiO_2.	Na_2O.	K_2O.	B_2O_3.	Al_2O_3.	CaO.	BaO.	PbO.	MgO.	ZnO.	Linéaire vraie ±2%.	Calculée.
Pyrex............	80,7	4,1		12	2,2	0,3					33	34
Schott 20111 2877...	75,3	5,7	0,8	7,6	6,2	1,1	3,5				48	50
Brevet Anglais 458 881 Partridge.	49,7				37,5	13,2					44	45
Neutrohm T......	52,5	0,7		8,5	5,0			29,0	1,0	2,6	39	40
Cristal...........	56,6	5,1	7,2					30,2			90	91
FC 071...........	48		9,3	4,1		2	32		2	2	95	91

En se limitant aux coefficients *a* du tableau I, sans chercher provisoirement une interprétation relative à la structure du verre, on voit que les oxydes se classent suivant leur fonction acide, amphotère ou basique et que, pour les éléments appartenant à une même colonne de la classification de Mendeleieff et de même famille chimique, le coefficient est d'autant plus faible que la masse atomique est plus élevée.

Les nouveaux coefficients donnent, pour des verres fondus dans des conditions industrielles, la dilatation en fonction de la teneur *totale* en chaque oxyde, quelle que soit la complication de la composition chimique, avec une approximation en générale inférieure à 12%. Ils sont incapables de rendre

compte des fluctuations de la dilatation provoquée par une retouche partielle de la composition.

Je montrerai, par un prochain travail, comment les hypothèses de structure permettent d'entrevoir l'explication de ces observations et j'analyserai les principaux cas de défaillances de ce mode de calcul qu'il serait erroné de considérer comme un simple artifice mathématique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés physiques des solutions de camphre dans le tétrachlorure de carbone.* Note (*) de M. **Jean-Charles Pariaud**, présentée par M. Paul Pascal.

Ayant étudié les variations du pouvoir rotatoire du camphre en solution avec la concentration, j'ai été frappé par le fait que dans le tétrachlorure de carbone [1], ainsi que dans le cyclohexane [2], le pouvoir rotatoire était fonction de la concentration des solutions.

Dans le cas du phénol [3], le phénomène peut s'expliquer par une *liaison hydrogène* entre le corps dissous et le solvant, d'autant plus probable que le composé $C_{10}H_{16}O$, C_6H_5OH avait été isolé [4]. Il n'en est pas de même dans le cas des deux solvants cités plus haut. La molécule de tétrachlorure de carbone, sans hydrogène, très symétrique, et dépourvue de polarité, ne pouvait se prêter à une liaison de ce genre.

L'échantillon de solvant a été préalablement séché sur P_2O_5, à chaud, sous reflux, pendant 5 heures. La fraction recueillie distille à 76°,8 sous 760^{mm}. Sa masse spécifique est $\mu = 1{,}60311$ (15°). L'échantillon de camphre est conservé dans un dessiccateur à P_2O_5.

La densimétrie des solutions a donné les résultats suivants :

CCl_4.	$C_{10}H_{16}O$.	μ(0°).
1 mol	0,250	1,44413
1 »	0,333	1,40378
1 »	0,333	1,40300
1 »	0,501	1,33477
1 »	0,736	1,27673
1 »	1,000	1,13991
1 »	1,200	1,20319

En appelant N le nombre de molécules de camphre pour 1 molécule de

(*) Séance du 7 février 1949.

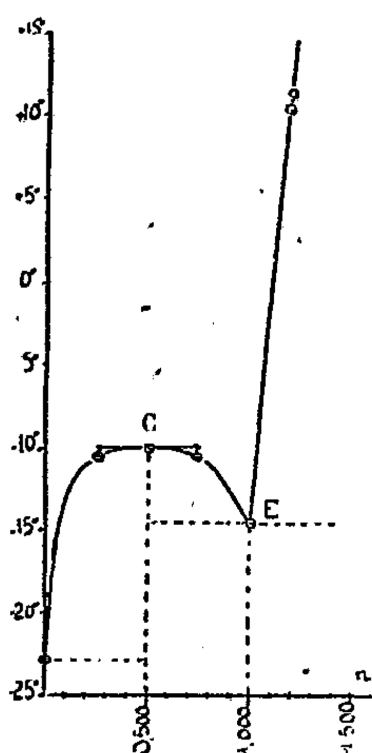
(1) Darmois, *Comptes rendus*, 152, 1910, p. 925; Faucon, *Bull. Soc. Chim.*, IV, 11, 1912, p. 928.

(2) R. Lucas, *Ann. Phys.*, X, 9, 1929, p. 381.

(3) J. C. Pariaud et G. Chapas, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1361.

(4) A. W. Francis, *J. amer. pharm. Ass.*, 30, 1941, p. 229.

tétrachlorure de carbone, le graphique établi en portant les valeurs de N en abscisses et celles de la masse spécifique en ordonnées donne une courbe descendante et concave vers le haut. [Pour $N = 0\ (d\mu/dN) = 0,7$; pour $N = 1,2\ (d\mu/dN) = 0,1$]. Cette courbe ne présente aucun point particulier. Il est donc impossible d'en tirer une conclusion pour la constitution des solutions.



La réfractométrie faite à l'aide d'un appareil de Pulfrich conduit de même à des résultats négatifs.

Ceux-ci sont groupés dans le tableau suivant :

N.	$n_D^{10°}$.	N.	$n_D^{10°}$.
0,250	1,4685	0,736	1,472
0,333	1,4690	1,000	1,4724
0,501	1,4714	1,200	1,4724

J'ai alors entrepris la construction du diagramme de fusibilité des solutions. Les résultats obtenus sont donnés à 0°,2 près, ils figurent dans le tableau suivant :

N.	T. (*)	N.	T. (*)
0,250	−10°,6	1,166	+10°,5
0,500	−10,0	1,200	+11,5
0,736	−10,5	2,500	+96,0
1,000	−14,5	0,000	−23,0

(*) Températures de début de cristallisation.

La cristallisation de la solution ayant la composition : une molécule de camphre pour deux molécules de tétrachlorure de carbone, est rapide; elle se prend en masse dans un très faible intervalle de température. On remarque la variation lente de la température sous le maximum.

Le diagramme de fusibilité présente un maximum C (0,5N; −10°) et un

point d'eutexie E (1,0N; —14°,5). Ceci montre qu'il existe un composé de formule $C_{10}H_{16}O, 2CCl_4$, peu stable, puisqu'il n'est pas décelable à 0° par la densimétrie, ni par la réfractométrie à 10°.

En conséquence la variation du pouvoir rotatoire du camphre en solution dans CCl_4 est probablement due à une certaine affinité entre les deux espèces, que révèle l'existence d'un composé défini, dans un domaine de température assez faible.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation électrolytique et les propriétés de quelques spinelles de vanadium.* Note (*) de MM. **Jean-Lucien Andrieux** et **Henri Bozon**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'un de nous a montré (1) qu'il était possible d'obtenir de nombreux composés en utilisant les réactions secondaires qui se produisent au cours de l'électrolyse des sels oxygénés fondus ou des oxydes dissous dans des milieux convenables.

Nous avons appliqué cette méthode à la préparation des spinelles. Nous nous bornerons, dans cette Note, à décrire les conditions d'obtention et les propriétés essentielles de quelques spinelles de vanadium.

En utilisant le dispositif habituel (1) nous avons électrolysé des bains constitués par du borax fondu additionné d'une petite quantité de fluorure de sodium, dans lesquels nous avons dissous, en proportions convenables, de l'anhydride vanadique et un autre oxyde métallique.

Voici les conditions dans lesquelles nous avons opéré.

N°	Composition moléculaire des bains.	Tens. moy.	Int. moy.	Temp. moy.	Durées.	Anodes.	Cathodes.	Produits obtenus.
1....	$2B_2O_3, Na_2O + NaF + \frac{1}{10}V_2O_5$	1 V	6 A	800°	1 h	Creuset fer	Tige fer	V_2O_3, FeO
2....	$2B_2O_3, Na_2O + NaF + \frac{1}{12}V_2O_5 + \frac{1}{8}Fe_2O_3$	3	8	850	2	Id.	Id.	V_2O_3, FeO
3....	$2B_2O_3, Na_2O + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{7}V_2O_5 + \frac{1}{3}Mn_2O_3$	2,6	6	800	2.30	Creuset carbone	Tige carbone	V_2O_3, MnO
4....	$2B_2O_3, Na_2O + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{13}V_2O_5 + \frac{1}{2,6}Mn_2O_3$	5	15	860	1	Id.	Id.	V_2O_3, MnO
5....	$2B_2O_3, Na_2O + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{9}V_2O_5 + \frac{1}{2}CoO$	3	8	880	3.30	Id.	Id.	V_2O_3, CoO
6....	$2B_2O_3, Na_2O + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{9}V_2O_5 + \frac{1}{2}CoO$	7	20	920	1	Tige carbone	Creuset carbone	V_2O_3, CoO
7....	$2B_2O_3, Na_2O + NaF + \frac{1}{3}V_2O_5 + ZnO$	3	15	850	1.30	Creuset carbone	Tige carbone	V_2O_3, ZnO

(*) Séance du 7 février 1949.

(1) J. L. Andrieux, *Thèse*, Paris, 1929.

Dans l'essai n° 1, nous avons employé un creuset en fer, contenant le bain et fonctionnant comme anode soluble qui, en s'oxydant, sature le bain en oxyde de fer, condition requise pour l'obtention d'un bon rendement.

Dans les essais n°s 2, 3 et 4, les oxydes disssous dans le bain ainsi que l'anhydride vanadique sont réduits simultanément à la cathode.

Enfin, dans les essais n°s 6 et 7, l'anhydride vanadique seul est réduit, en présence d'oxyde de cobalt ou d'oxyde de zinc.

Après l'électrolyse, nous avons traité le contenu du creuset (essais n°s 5 et 6), ou les boules cathodiques obtenues dans les autres essais, par l'acide chlorhydrique. Il s'est séparé, dans chaque cas, des octaèdres noirs, bien cristallisés et souvent agglomérés en bâtonnets.

Leur étude aux rayons X, par la méthode Debye-Scherrer[2], et leur analyse chimique révèlent qu'ils possèdent la structure cristallographique des spinelles[3] et qu'ils ont pour formules : $V_2O_3.FeO$, $V_2O_3.MnO$, $V_2O_3.CoO$, $V_2O_3.ZnO$; ces deux derniers non encore signalés, à notre connaissance.

Voici quelques-unes de leurs propriétés physiques :

Corps.	Paramètres.	Volumes moléculaires.	Densités théoriques.	Densités pycnométriques.
V_2O_3FeO....	8,44 Å	$598,3.10^{-24}$ cm³	4,89	4,64
V_2O_3MnO...	8,49	$611,9.10^{-24}$	4,76	4,70
V_2O_3CoO....	8,39	$590,5.10^{-24}$	5,02	4,93
V_2O_3ZnO....	8,39	$590,5.10^{-24}$	5,17	5,02

Ces quatre spinelles possèdent des propriétés chimiques semblables : ils résistent aux hydracides et à l'acide sulfurique dilué, mais sont rapidement attaqués par les acides nitrique et perchlorique. Insensibles à l'action des solutions alcalines, ils sont rapidement décomposés par les peroxydes et les nitrates fondus. Leur dureté à l'échelle de Mohs est comprise entre 6 et 7.

CHIMIE THÉORIQUE. — *L'étude de quelques corps organiques renfermant des atomes d'azote par la méthode des diagrammes moléculaires orbitaux.* Note (*) de MM. **Odilon Chalvet** et **Camille Sandorfy**, présentée par M. Louis de Broglie.

Notre premier but était l'étude des changements provoqués dans la distribution des charges dans le groupe C=N par la présence d'un groupe phényle lié soit à son carbone, soit à son azote (*fig.* 1). Nous avons effectué ces calculs à la demande de M. Cantarel.

(2) Étude effectuée avec la collaboration de M. Bertaut, au laboratoire de M. Neel.
(3) *Voir* Strukturber, I, p. 350, type H_{11}.

(*) Séance du 31 janvier 1949.

Nous avons utilisé la méthode des orbitales moléculaires [1] en prenant l'intégrale coulombienne de l'azote $\alpha_N = (3/5)\beta$. Cette grandeur conduit, dans

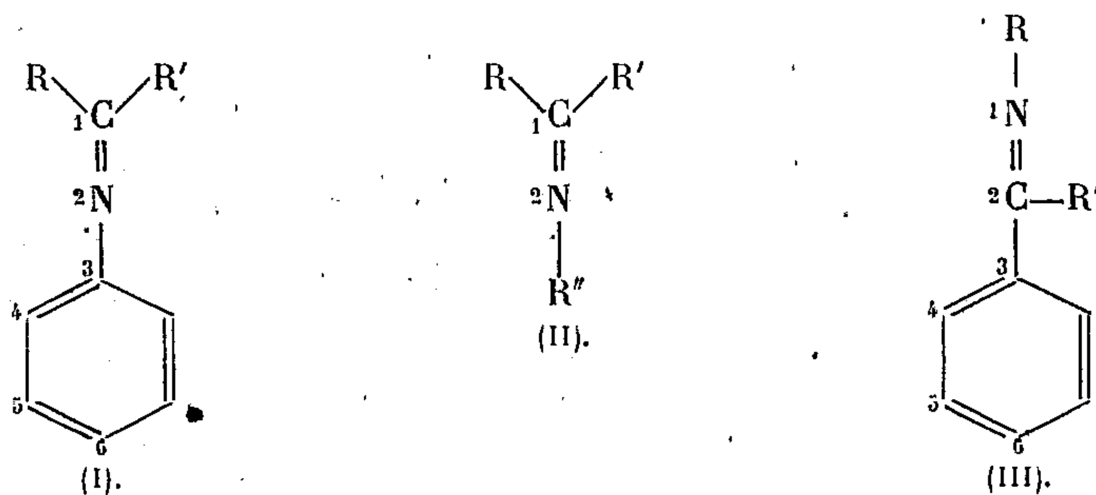


Fig. 1.

le cas de la pyridine, à des valeurs du moment polaire et de la longueur d'onde du maximum d'absorption dans l'ultraviolet qui sont en bon accord avec l'expérience.

R, R', R'' sont supposés sans action sur les électrons π.

Les tableaux suivants résument les résultats obtenus :

Sommets.	Indices de valence libre.	Charges.	Liaison.	Indice de liaison.
	Corps I.			
1	0,785	0,794	1-2	0,895
2	–	1,204	2-3	0,394
3	0,064	1,002	3-4	0,611
4	0,385	0,996	4-5	0,684
5	0,332	1,006	5-6	0,664
6	0,352	0,998	–	–
	Corps II.			
1	0,712	0,747	1-2	0,968
2	–	1,254	–	–
	Corps III.			
1	–	1,298	1-2	0,848
2	0,421	0,776	2-3	0,411
3	0,125	1,000	3-4	0,572
4	0,423	0,958	4-5	0,685
5	0,325	1,014	5-6	0,670
6	0,340	0,974	–	–

(1) *Voir* par exemple, C.-A. COULSON et H. C. LONGUET-HIGGINS, *Revue Scientifique*, **85**, 1947, p. 929-937.

En accord avec une règle générale ([2]), la charge de l'azote se trouve d'autant plus forte que la place où il se situe possédait un plus fort indice de valence libre dans la molécule homoatomique.

	Valence libre ([3]).	Charge de l'azote.
I	0,363	0,204
II	0,680	0,254
III	0,769	0,298

Le groupement C = N, quelle que soit la manière dont il s'est fixé, devrait orienter en méta les réactifs électrophiles. L'orientation est plus forte lorsque l'azote est loin du cycle.

Les diagrammes de la pyridine, de la pyrimidine, du pyridazole et du pyrazole constituent la deuxième partie de nos résultats (*fig.* 2).

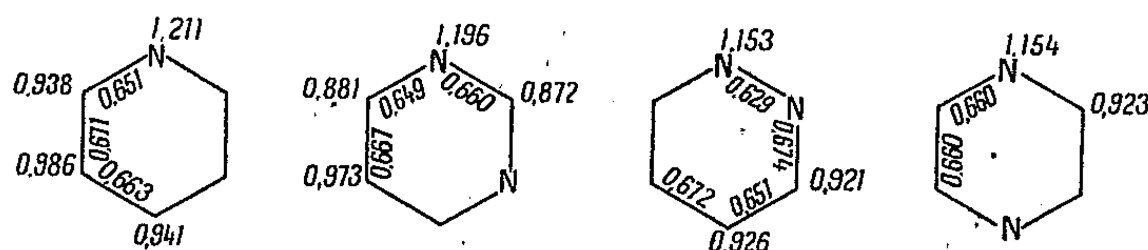


Fig. 2.

Les charges sur les azotes sont les plus élevées pour le composé méta, moins grandes pour le composé para et encore moins grandes pour l'ortho. Ce phénomène s'explique aisément. On voit sur le diagramme de la pyridine que c'est la position ortho (puis para) d'où l'azote retire des électrons le plus facilement.

On voit de plus que dans les composés contenant deux azotes, les effets de ceux-ci sur les charges s'ajoutent presque algébriquement. L'écart entre les résultats obtenus en ajoutant ces effets et ceux des diagrammes ne dépassant, en effet, pas plus de 0,004*e*. Il suffit pour calculer le diagramme d'un corps polysubstitué de calculer les diagrammes des corps monosubstitués.

Voici un diagramme ainsi constitué (*fig.* 3) :

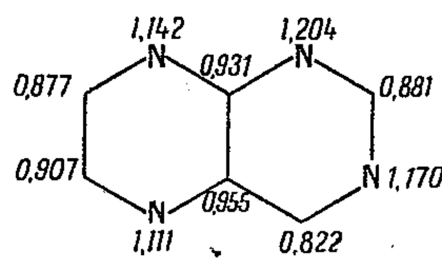


Fig. 3.

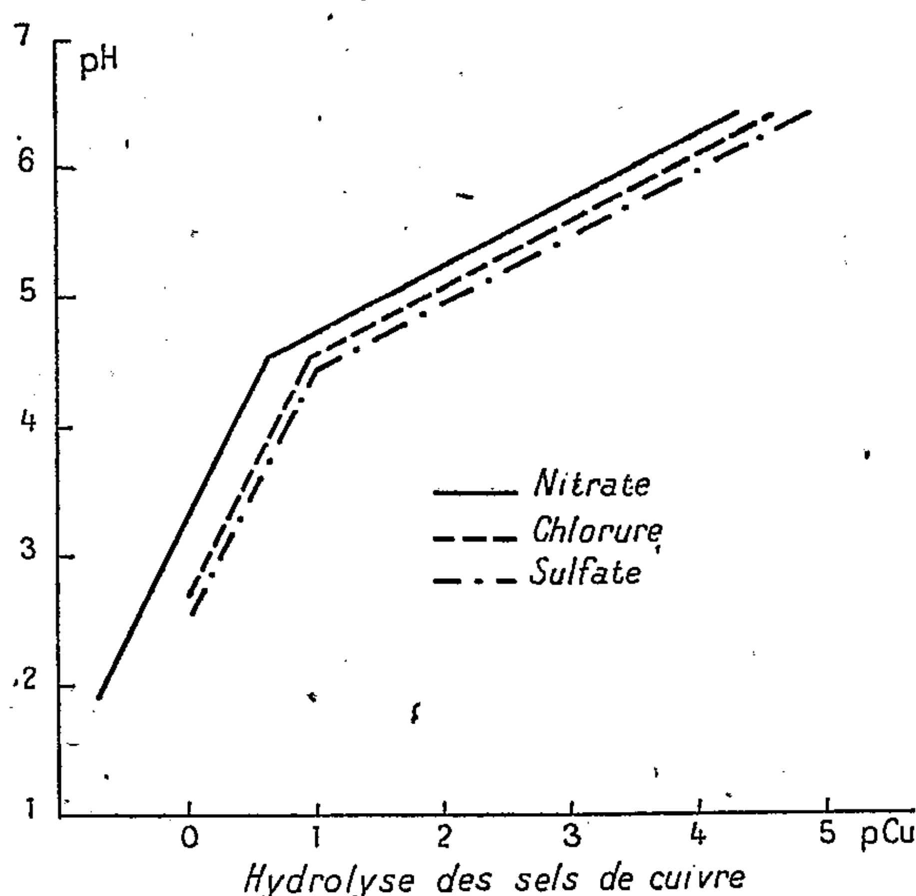
([2]) C.-A. Coulson, P. et R. Daudel, *Bull. Soc. Chim. de France*, 15, 1948, p. 1181-1183.

([3]) Buu-Hoï, C. R. Coulson, P. et R. Daudel, M. Martin, A. et B. Pullmann, *La Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 1041-1050.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydrolyse des chlorure, nitrate et sulfate cuivriques.* Note(*) de M. **Henri Guiter**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'étude de l'hydrolyse saline par la méthode des dédoublements a été appliquée à trois sels cuivriques dérivant d'un hydracide, d'un mono-oxacide et d'un dioxacide.

Les résultats sont traduits par les courbes représentant le P_H en fonction

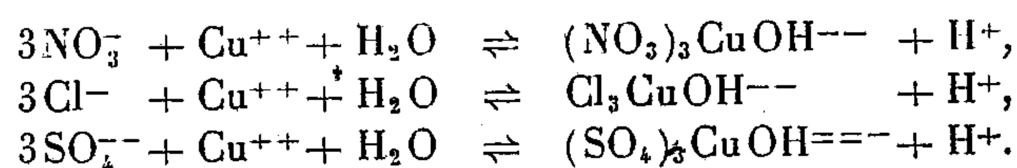


Hydrolyse des sels de cuivre

du P_{Cu} (cologarithme de la concentration $[Cu^{++}/2]$), chlorure en tirets, nitrate en trait continu, sulfate en points et tirets.

Ces trois courbes offrent la même allure; chacune d'elles est constituée par deux segments de droite de pentes différentes. Le premier, correspondant à des titres θ supérieurs à 0,22 pour le nitrate, 0,11 pour le chlorure et 0,1 pour le sulfate, est caractérisé par une variation du P_H, $\Delta P_H = 0,6$, pour un dédoublement, c'est-à-dire pour $\Delta P_{Cu} = 0,3$; le deuxième, pour des titres inférieurs aux valeurs précédentes, par un $\Delta P_H = 0,15$.

Il est possible de rendre compte ([1]) du premier phénomène, en admettant la formation, comme produit d'hydrolyse, d'un anion complexe, dans lequel le cuivre est tétracoordonné :



$$3NO_3^- + Cu^{++} + H_2O \rightleftharpoons (NO_3)_3CuOH^{--} + H^+,$$
$$3Cl^- + Cu^{++} + H_2O \rightleftharpoons Cl_3CuOH^{--} + H^+,$$
$$3SO_4^{--} + Cu^{++} + H_2O \rightleftharpoons (SO_4)_3CuOH^{=--} + H^+.$$

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 153 et 203; *Ann. Chim.*, **2**, 1947, p. 72.

Les valeurs des constantes d'hydrolyse sont 5.10^{-7} pour le nitrate, 8.10^{-8} pour le chlorure, $1,6.10^{-4}$ pour le sulfate. Le taux diminue de 0,50 % ($\theta = 4,7$) à 0,028 % ($\theta = 0,22$) pour le nitrate, de 0,40 % ($\theta = 1$) à 0,05 % ($\theta = 0,11$) pour le chlorure, de 0,64 % ($\theta = 1$) à 0,08 % ($\theta = 0,1$) pour le sulfate; le sulfate est donc 1,6 fois plus hydrolysé que le chlorure, qui l'est lui-même 4 fois plus que le nitrate.

En s'appuyant sur les mêmes hypothèses, le deuxième phénomène s'explique par la réaction, commune aux trois sels :



$$Cu^{++} + H_2O \rightleftharpoons CuOH^{+} + H^{+}.$$

Les valeurs des constantes d'hydrolyse sont $6,4.10^{-9}$ pour le nitrate, 10^{-8} pour le chlorure et 2.10^{-8} pour le sulfate. Le taux augmente de 0,028 % ($\theta = 0,22$) à 1,84 % ($\theta = 0,00004$) pour le nitrate, de 0,05 % ($\theta = 0,11$) à 2,9 % ($\theta = 0,000025$) pour le chlorure, de 0,08 % ($\theta = 0,1$) à 6,2 % ($\theta = 0,00001$) pour le sulfate. Le sulfate est 1,4 fois plus hydrolysé que le chlorure, qui l'est lui-même 1,25 fois plus que le nitrate.

Nous ne faisons aucune hypothèse sur le mécanisme de passage de l'un des phénomènes à l'autre au voisinage immédiat de ce que nous représentons sur les courbes par un point anguleux.

Il semble que la présence des ions cuivriques impose une allure commune à l'hydrolyse des trois sels étudiés, des anions du sel exercent sur l'avancement plus ou moins grand de l'hydrolyse, une influence qui paraît en rapport avec la force de l'acide correspondant. Le degré de dissociation électrolytique des acides décroît dans l'ordre, nitrique, chlorhydrique, sulfurique; parallèlement, l'hydrolyse des sels cuivriques augmente dans l'ordre, nitrate, chlorure, sulfate.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Frottement interne et anisotropie élastique des métaux et alliages.* Note (*) de MM. **Robert Cabarat, Léon Guillet** et **René Le Roux**, présentée par M. Albert Portevin.

Pour mesurer correctement le frottement interne des métaux, il faut respecter certaines conditions expérimentales, en particulier :

1° Éviter toute déperdition d'énergie soit par le support de l'éprouvette, soit par l'air environnant;

2° Ne soumettre la matière qu'à des sollicitations de très faible amplitude;

3° Utiliser des métaux aussi purs que possible.

Lorsque ces conditions sont réalisées, il est cependant difficile de connaître de façon très précise le frottement interne d'un métal car cette grandeur

(*) Séance du 7 février 1949.

semble dépendre de toute l'histoire thermique ou mécanique du métal. On ne peut donc que fixer ses limites supérieure et inférieure.

Nous avons déterminé avec l'appareil Cabarat, sous pression réduite ($0^{mm},02$ de mercure) le décrément logarithmique δ de quelques métaux très purs soigneusement recuits. L'appareil Cabarat soumet une éprouvette cylindrique (diamètre 8^{mm}, longueur 140^{mm}) à des vibrations longitudinales forcées de haute fréquence engendrées par un procédé électrostatique.

La tension microphonique proportionnelle à l'amplitude des vibrations de l'éprouvette est, après amplification, enregistrée à l'aide d'un hypsographe. Cet appareil comporte un amplificateur linéaire et un dispositif mécanique permettant l'enregistrement logarithmique des tensions en fonction du temps.

La courbe enveloppe des amplitudes des vibrations de l'éprouvette en fonction du temps, étant de la forme

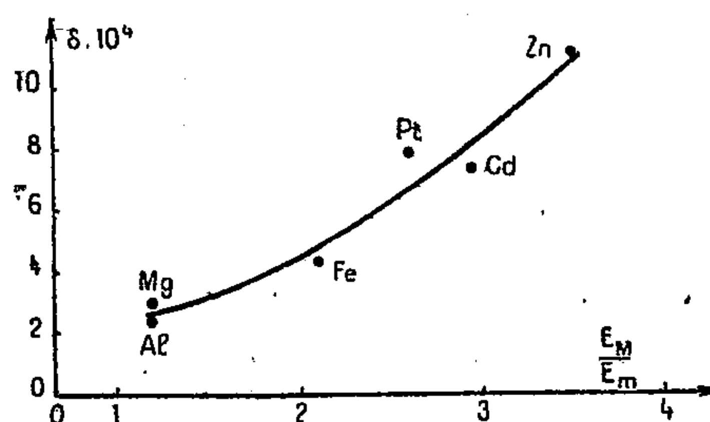
$$Y = \pm Y_0 e^{-\alpha t},$$

il s'ensuit que l'appareil enregistre une droite dont la pente permet de calculer le décrément logarithmique des oscillations qui caractérise le frottement interne.

On a $\delta = \alpha T$, T étant la période de la vibration.

L'enregistrement se fait sur papier paraffiné à l'aide d'une pointe de saphir; on obtient ainsi une image propre et exacte.

Pour les éprouvettes étudiées, la courbe enregistrée est bien linéaire, ce qui semble prouver que le décrément logarithmique est constant pour de faibles amplitudes. Cette grandeur caractérisant le frottement interne peut donc être considérée comme étant une constante physique du métal étudié.



Nous avons remarqué que le décrément est d'autant plus élevé que l'anisotropie élastique du grain était plus importante, fait à rapprocher de la théorie de Zener ([1]). Cette anisotropie a été déterminée expérimentalement sur cristal unique par divers auteurs ([2]) et peut être caractérisée par le rapport des

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, 52, 1940, p. 152.

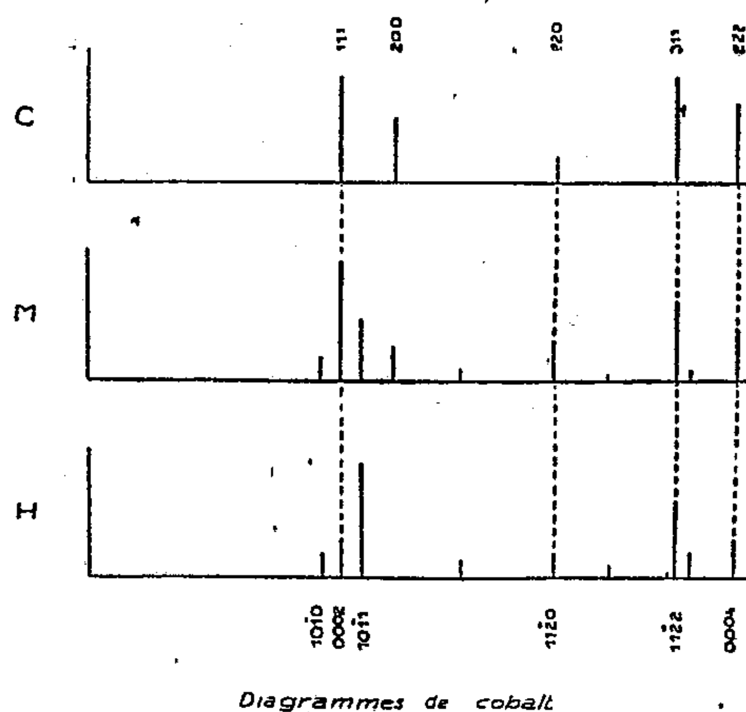
([2]) SCHMID et BOAS, *Kristallplastizitat mit besonderer Berucksichtgung der Metalle*, Berlin, 1935.

modules maximum et minimum. Les résultats obtenus sont résumés dans la figure.

Cette remarque semble s'étendre aux alliages. C'est ainsi que les phases intermédiaires type CuZn de structure ordonnée et qui présentent de ce fait une forte anisotropie élastique ([3]), ont un frottement interne nettement plus élevé ($\delta = 7.10^{-4}$) que celui des phases à maille géante telle que $Cu_{31}Sn_8$ ($\delta = 0,56.10^{-4}$) de structure désordonnée sans anisotropie sensible.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur une méthode d'analyse quantitative des variétés allotropiques du cobalt par les Rayons* X. Note (*) de M. **Max Sage**, présentée par M. Albert Portevin.

On sait que le cobalt se présente sous deux formes allotropiques : forme cubique à faces centrées, stable au delà de 400°, pouvant y persister à la température ambiante par trempe; forme hexagonale, stable à froid. Ces deux structures ont des distances réticulaires communes et d'autres qui leur sont particulières. Dans un diagramme de poudre, aux rayons X, cela correspond à une superposition de certaines raies. Ex. : (111) et (0002). Nous avons schématisé cette disposition sur la figure ci-dessous.



Diagrammes de cobalt

Principe de la méthode. — Sur un diagramme de poudre, on considère deux raies voisines, appartenant l'une à la structure cubique, l'autre à la structure hexagonale, et l'on mesure le rapport de leurs intensités. On pourrait naturellement opérer comme dans les méthodes classiques d'analyse chimique, et

([3]) W. Webb, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 297; W. A. Good, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 605; Rinehart, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 368, et 59, 1941, p. 308; C. Zener, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 846.

(*) Séance du 7 février 1949.

interpoler la valeur obtenue dans une suite de valeurs mesurées sur des mélanges connus; nous avons au contraire rattaché directement et théoriquement ce rapport à la composition massique, et vérifié sur des échantillons connus l'exactitude de la relation trouvée. Cela constitue donc une méthode de mesure absolue de la composition allotropique du cobalt.

Considérons donc deux échantillons dont la structure soit pure, l'une hexagonale, l'autre cubique, et faisons-en les diagrammes de poudre dans des conditions rigoureusement identiques. Examinons un couple de raies, correspondant à la même distance réticulaire (111) dans le système cubique et (0002) dans le système hexagonal, par exemple. Le rapport de leurs intensités est égal au rapport des nombres de plans équivalents à (111) et (0002) respectivement dans chaque structure, soit $8:2=4$, puisque tous les autres facteurs ont par hypothèse rigoureusement la même valeur.

Lorsqu'on aura affaire à un mélange dont on fera le diagramme, on ne pourra pas, évidemment, séparer dans la raie commune les proportions d'énergie issues respectivement d'une espèce et de l'autre. Mais on peut calculer, dans le cas de structures pures, le rapport des intensités de la raie commune à l'une des raies propres (200) dans le système cubique et $(10\bar{1}1)$ dans le système hexagonal, on voit, en appelant μ_C et μ_H ces rapports, que l'on a

$$\frac{M_C}{M_H}=\frac{1}{4}\,\frac{\mu_C}{\mu_H}\,\frac{I_{200}}{I_{10\bar{1}1}}, \tag{1}$$

où M_C et M_H sont les masses de cobalt cubique et hexagonal, I_{200} et $I_{10\bar{1}1}$ les intensités relatives des raies (100) et $(10\bar{1}1)$.

Les valeurs calculées de μ_C et de μ_H sont respectivement 1,85 et 0,28. Nous avons pu mesurer les valeurs de μ_C et de μ_H sur des échantillons très purs et il nous a semblé intéressant de comparer ces valeurs avec celles qui étaient obtenues théoriquement.

Mesures. — On a mesuré au microphotomètre Bouty, μ_C et μ_H sur des échantillons très purs : On a trouvé ainsi $\mu_C=1,8$ et $\mu_H=0,30$, au lieu de 1,85 et 0,28. La différence peut s'expliquer par l'absoption des rayons X dans l'échantillon.

On a ensuite vérifié l'exactitude de la formule (1) sur deux échantillons préparés par mélange de masses connues de cobalt cubique et hexagonal :

	Échantillon I.	Echantillon II.
Masse de Co cubique pour 1g	0,56	0,34
Composition mesurée (%)	59	37

Discussion. — Les erreurs ont deux sources principales :

a. Élargissement des raies dues aux imperfections du cobalt, soit par des déformations du réseau, soit plus spécialement dans le cas de la structure hexagonale par les défauts dont la théorie a été faite par Edwards et Lipson d'une

part, et J. Wilson de l'autre ([1]). Cette dernière cause n'aurait d'après ces auteurs qu'une influence négligeable sur l'intensité des raies.

b. Erreurs dues à l'imprécision du diagramme, en particulier à la présence d'un fond continu et éventuellement de raies parasites (K_β du Fe, L du W, etc.).

Conclusion. — Notre méthode, qui peut donner des résultats avec une précision de l'ordre de 5 %, constitue une méthode de mesure absolue de la composition du cobalt. Il semble qu'on pourrait en améliorer la précision en employant notamment un monochromateur à cristal plan ou courbe.

Nous nous proposons de publier dans un autre Recueil, les résultats détaillés de ce travail, qui a été effectué au Laboratoire des Rayons X du Centre National de la Recherche Scientifique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déformation des orbites électroniques de l'azote dans les corps organiques (série des phénylhydrazones)*. Note (*) de Mme **Pauline Ramart-Lucas** et M. **Joseph Klein**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A la suite de recherches sur la structure des corps organiques d'après leurs spectres d'absorption, l'un de nous ([1]) a établi avec divers collaborateurs, que le carbone et l'azote peuvent, dans ces corps, exister sous des variétés ayant des orbites électroniques différentes et que ce phénomène a pour conséquence l'existence d'une isomérie nouvelle, que nos formules ne permettent ni de prévoir ni d'expliquer. Le passage de l'une à l'autre de ces variétés se manifeste par un changement d'absorption parfois considérable qui correspond soit à la formation, soit à la disparition d'un *couplage* entre un tel élément et un groupe chromophore (le plus souvent un noyau aromatique). Dans le premier cas, la molécule est sous la forme *absorbante* et, dans le second, sous la forme *transparente*.

Afin de connaître si les éléments constitutifs d'une même fonction formée à la fois de carbone et d'azote (fonction qui doit être considérée comme un chromophore complexe) sont susceptibles de donner naissance, de façon indépendante, à des formes *absorbantes* et *transparentes*, afin aussi de préciser les conditions structurales dans lesquelles l'azote change de variété, nous avons effectué l'analyse spectrale d'un certain nombre de dérivés acétylés de phénylhydrazones d'aldéhydes aromatiques ([2]).

L'étude de l'absorption des phénylhydrazones avait déjà montré ([2]) que l'introduction d'un groupe pseudobutyle sur le carbone fonctionnel supprime,

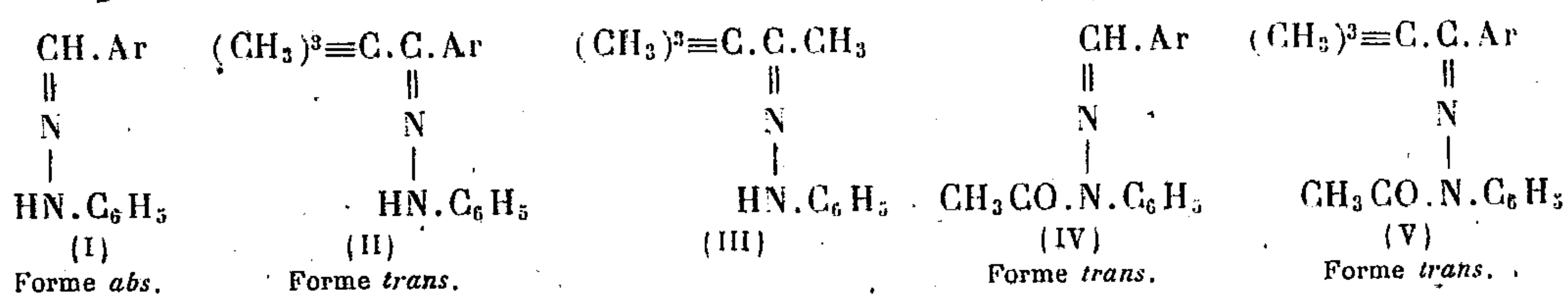
([1]) *Proc. Roy. Soc.*, 180, n° 982, 1942, p. 268-277.

(*) Séance du 3 janvier 1949.

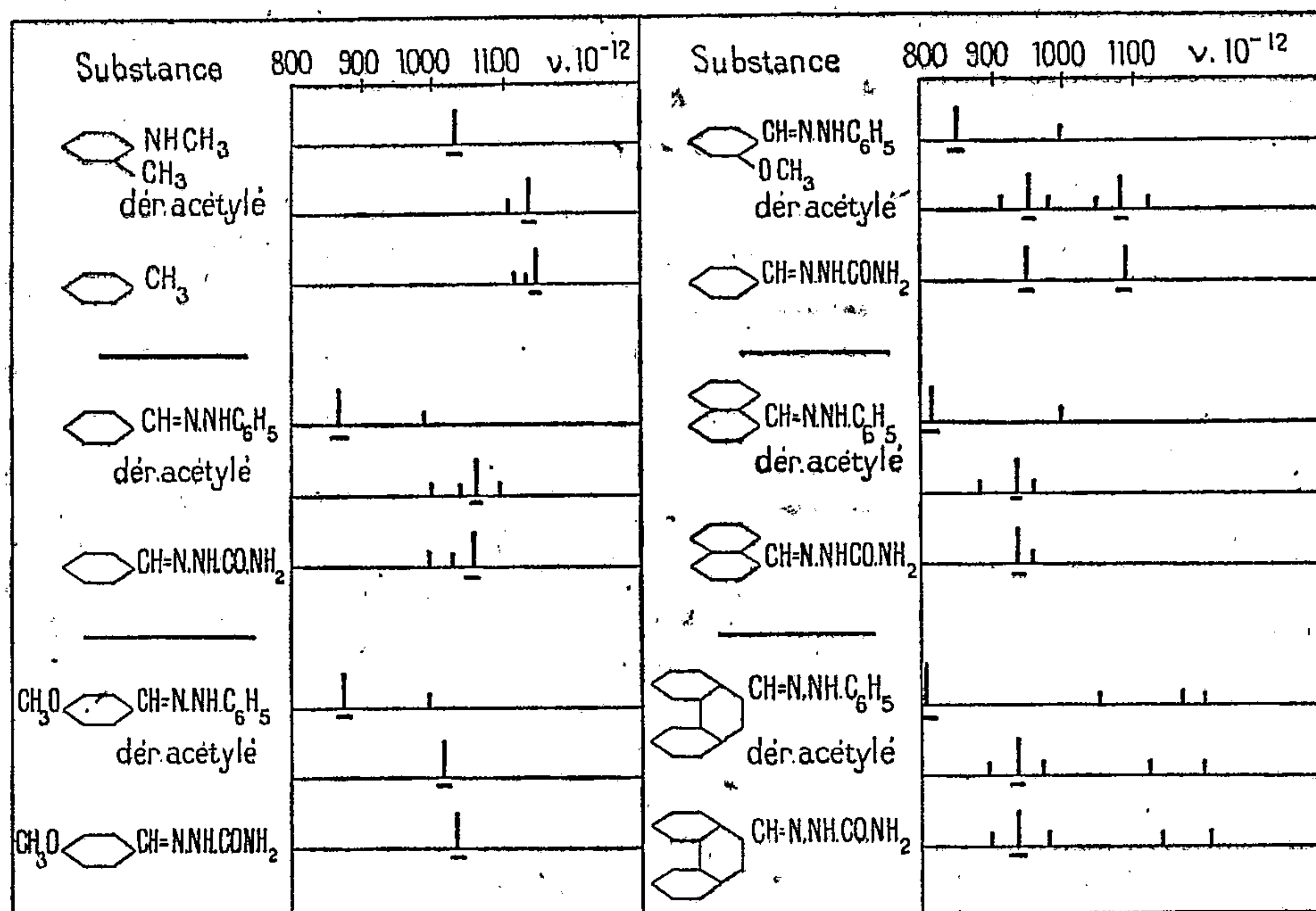
([1]) Mme Ramart-Lucas, *Congrès International de Chimie*, Londres, 1947.

([2]) Mme Ramart-Lucas, M. J. Hoch et M. M. Martynoff, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 481.

par effet stérique, le *couplage* entre cet élément et le radical aromatique Ar. Le spectre du corps (II) est sensiblement le même que celui de la phénylhydrazone de la triméthylacétone (III) et, par suite, correspond à une forme *transparente*.



Par ailleurs, l'un de nous avait observé avec D. Biquard ([3]), que, par acétylation, une arylamine telle que la N-méthyl-orthotoluidine, qui possède la forme *absorbante*, prend la forme *transparente*. Le spectre de ce corps est en effet très voisin de celui du toluène. Un peu plus tard, M. Grammaticakis ([4]) constate, sans analyser le phénomène, que : « les acétyl-, carbamyl- et benzoylphénylhydrazones du benzaldéhyde présentent une absorption voisine de celle de la semicarbazone du benzaldéhyde et différente (forme et position des bandes) de la phénylhydrazone du benzaldéhyde ».



Nous avons étudié les spectres des phénylhydrazones et de leur produit d'acétylation dérivés : du benzaldéhyde, des ortho- et para-méthoxybenzaldéhydes, des aldéhydes α naphtoïque et 9-phénanthroïque.

([3]) Mme Ramart-Lucas et Mlle D. Biquard, *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1935, p. 1383.
([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 8, 1941, p. 427.

Dans tous les cas étudiés, l'acétylation supprime le *couplage* entre le groupe C_6H_5 et le reste de la molécule. Par suite d'un changement dans les orbites électroniques de l'azote, la molécule se trouve alors sous la forme *transparente* qui possède sensiblement la même absorption que la semicarbazone du même aldéhyde (la substitution de NH_2 à CH_3 est ici négligeable du point de vue spectral). L'enregistrement des plaques au microphotomètre révèle que, dans le cas où la bande principale du dérivé acétylé possède des bandes fines, on les retrouve, pour la plupart, dans la bande de la semicarbazone du même aldéhyde. Dans le tableau sont données les positions des maxima d'absorption (en fréquence $\nu.10^{-12}$) des bandes principales des substances étudiées (longs traits soulignés) ainsi que ceux des bandes fines (petits traits).

Enfin nous avons constaté que si l'on introduit à la fois, dans le corps (I), un groupe pseudobutyle sur le carbone et un acétyle sur l'azote, le découplage se produit simultanément entre l'un et l'autre des noyaux aromatiques et le reste de la molécule.

En définitive : *L'analyse spectrale a permis d'établir que dans un chromophore complexe tel que le groupe hydrazonique* $>C=N.NH-$, *le carbone ainsi que l'azote peuvent, sous l'influence de certains substituants, se transformer, indépendamment l'un de l'autre, et parfois simultanément, en des variétés ayant des orbites électroniques différentes, ce qui a comme conséquence la suppression du* couplage *entre chacun de ces éléments et le radical aromatique auquel il se trouve lié. On peut ainsi passer d'une forme* absorbante *donnée à diverses formes* transparentes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les produits de condensation de l'acétylacétanilide et de ses dérivés avec les aldéhydes aromatiques*. Note (*) de MM. **André Meyer** et **Paul Pastour**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réactivité du groupement CH_2 chez les composés dits *méthyléniques*, du type *ester acétylacétique, malonique, pyrazolone*, etc., se manifeste notamment par leur capacité de condensation avec les aldéhydes aromatiques, avec les dérivés nitrosés aromatiques, par leur faculté de copulation avec les diazoïques, etc.

On sait, en particulier par les travaux de Knœvenagel, Rabe, etc., que l'ester acétylacétique et ses analogues donnent avec les aldéhydes divers produits de condensation, présentant des isoméries variées, ainsi que des composés de cyclisation de ces produits.

Il nous a semblé intéressant d'examiner la réactivité du groupe CH_2 chez divers anilides, et, en premier lieu, chez les anilides du type *acétylacétanilide*, $CH_3.CO.CH_2.CO.NH.C_6H_5$, en étudiant leur condensation avec les aldé-

(*) Séance du 7 février 1949.

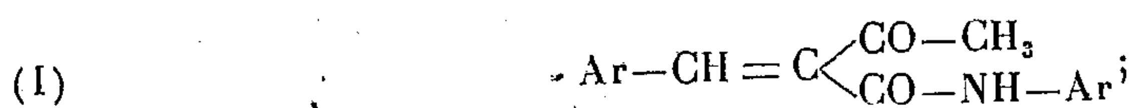
hydes aromatiques, etc. On sait que l'acétylacétanilide et ses dérivés fournissent avec les diazoïques des colorants de valeur, dits *Hansa*. Il était à présumer que les composés de ce genre pourraient réagir également avec les aldéhydes aromatiques. L'expérience a confirmé cette hypothèse.

Nous indiquerons ci-après les premiers résultats obtenus dans cette voie.

Nous avons condensé les aldéhydes aromatiques avec l'acétylacétanilide, l'acétylacéto-*o*-toluide, l'acétylacéto-*p*-toluide, en solution alcoolique et en présence de divers agents de condensation : pyridine, pipéridine, acide chlorhydrique. Comme aldéhydes, nous avons étudié les aldéhydes benzoïque, *m*- et *p*-nitrobenzoïques, anisique, salicylique, héliotropine, vanilline, furfural, orthovanilline, diméthylaminobenzoïque *para*, ...

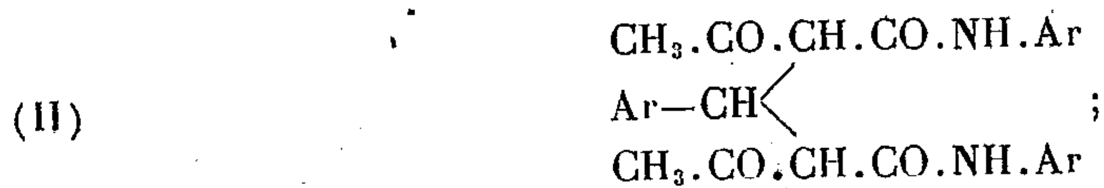
La présente Note concerne les produits obtenus avec l'aldéhyde benzoïque, mais nous pouvons présenter quelques remarques générales.

1° En présence de pyridine, à froid ou à chaud, on obtient des produits de condensation formés par 1^{mol} d'aldéhyde avec 1^{mol} d'acétylacétoarylamide, et élimination de 1^{mol} d'eau, de formule (I),



$$(I) \qquad Ar-CH=C\begin{cases}CO-CH_3\\ CO-NH-Ar\end{cases};$$

2° En présence de pipéridine, à chaud, on obtient en général des produits de condensation formés par l'union de 1^{mol} d'aldéhyde avec 2^{mol} d'acétylacétoarylamide, et élimination de 1^{mol} d'eau, de formule (II),



$$(II) \qquad Ar-CH\begin{cases}CH_3.CO.CH.CO.NH.Ar\\ CH_3.CO.CH.CO.NH.Ar\end{cases};$$

3° Dans le cas des aldéhydes possédant un OH en *ortho*, tel l'aldéhyde salicylique, la réaction conduit généralement à des coumarines substituées, dont l'étude est en cours.

4° L'acide chlorhydrique, comme agent de condensation, donne, en général, les mêmes produits que la pyridine.

5° L'acide sulfurique concentré dissout les produits de condensation, en donnant des phénomènes d'halochromie caractéristiques de leur constitution : colorations *jaune* à *orangé* pour les produits de formule (I), *mauve* à *rouge*, pour ceux de formule (II).

Les produits de formule (I) sont facilement solubles à chaud dans l'alcool, le benzène, à froid dans l'éther. Les produits de formule (II) sont beaucoup moins solubles. Les produits (I) fondent en général entre 100° et 150°, sans décomposition. Les produits du type (II) se décomposent en fondant au-dessus de 200°. Les produits dérivés de l'acétylacétanilide cristallisent en lamelles, ceux de l'acétylacéto-*o*.toluide, en parallélépipèdes, ceux de l'acétylacéto-*p*.toluide, en lamelles hexagonales.

Le *benzylidène-acétylacétanilide*, $C_{17}H_{15}NO_2$, se prépare en chauffant mol. égales de benzaldéhyde et d'acétylacétanilide dans l'alcool, à reflux, avec addition de quelques gouttes de pyridine. Après deux heures, on abandonne à froid quelques jours : il cristallise un produit incolore, contenant de l'alcool, fusible à 75° en éliminant son solvant. Le produit redevient solide et fond à 119° sans décomposition. Soluble en jaune citron dans SO_4H_2, avec légère fluorescence. Les solutions benzéniques sont jaune pâle. La potasse n'a pas d'action.

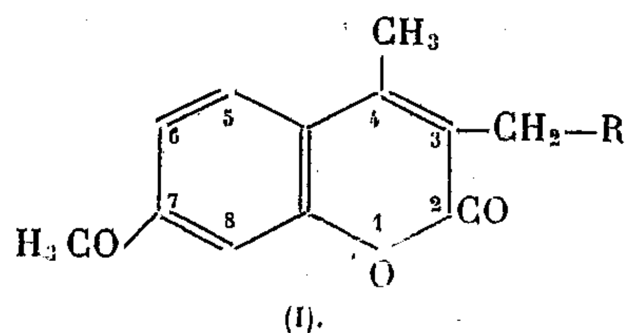
Le *benzylidène-acétylacéto-o.toluide*, $C_{18}H_{17}NO_2$, préparé dans des conditions analogues, constitue des cristaux incolores, fusibles à 135° sans décomposition, solubles en jaune citron dans SO_4H_2 concentré, avec légère fluorescence. Les solutions benzéniques sont jaune pâle.

Le *benzylidène-acétylacéto-p.toluide*, $C_{18}H_{17}NO_2$, obtenu comme les précédents, forme de belles lamelles hexagonales, renfermant aussi de l'alcool de cristallisation, s'éliminant vers 75°, puis le corps redevient solide et fond à 113°. Soluble en jaune dans SO_4H_2.

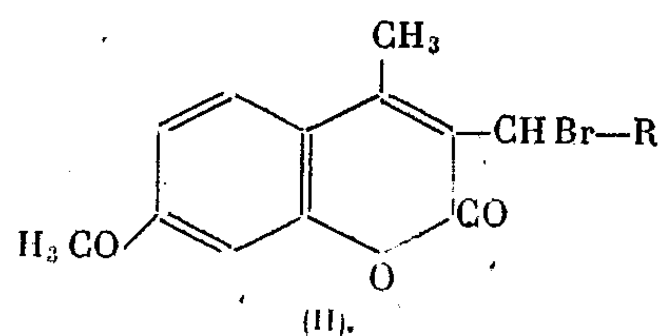
Nous décrirons ultérieurement les produits de condensation avec d'autres aldéhydes, ainsi que les composés du type (II) et leurs produits de transformation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la migration de l'halogène dans certaines bromo-coumarines*. Note (*) de MM. **Darius Molho** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

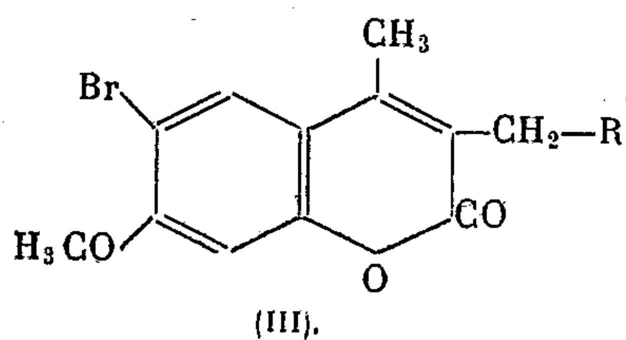
Dans une précédente publication [1] nous avons montré que les méthyl-4 méthoxy-7 coumarines de formule I($R = CH_3$ ou C_2H_5) donnent des dérivés



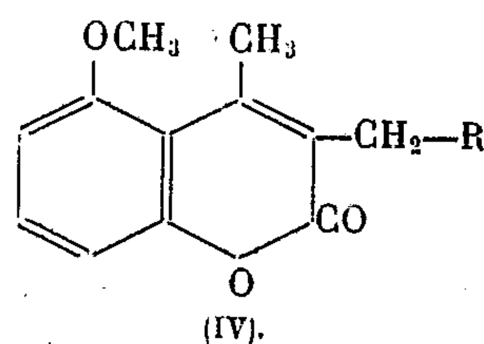
(I).



(II).



(III).



(IV).

(*) Séance du 7 février 1949.

(1) D. Molho et C. Mentzer, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 471-472.

monobromés dont la structure varie en fonction de la nature de l'agent de bromuration. Conformément à la règle de Ziegler (2), généralisée par Buu-Hoï (3), la N-bromosuccinimide permet de fixer l'halogène sur le CH_2 *allylique* de la chaîne latérale en 3 [formule (II)], alors que le brome métalloïdique aboutit à des dérivés que nous avions considérés comme des bromo-6 coumarines (formule III). Une telle affirmation ayant suscité entre temps un certain nombre de critiques, nous avons été amenés à refaire la synthèse des corps en question (III) par une méthode différente de celle déjà décrite. Dans ce but, nous avons préparé le bromo-4 dihydroxy-1.3 benzène suivant la technique décrite dans *Organic Synthesis* (4).

Le corps obtenu, condensé selon Pechmann (5) avec les esters acétylacétiques C substitués, conduit aux coumarines qui, après méthylation, répondent nécessairement à la structure (III). [La formation de composés du type (IV), hautement improbable, n'a jamais pu être observée jusqu'ici au cours de telles condensations au sein de l'acide sulfurique.] L'analyse, le point de fusion et l'épreuve du point de fusion mélangé nous ont permis de démontrer que les dérivés ainsi préparés sont identiques à ceux qui prennent naissance par bromuration directe de (I) ou par transposition de (II). Ce fait prouve que le brome métalloïdique se fixe bien en position 6 comme nous l'avions précédemment signalé. Quant à la structure des dérivés obtenus par action de la N-bromosuccinimide sur les coumarines (I), elle va faire l'objet d'une communication ultérieure.

Partie expérimentale. — *Éthyl-3 méthyl-4 bromo-6 hydroxy-7 coumarine* $C_{12}H_{11}O_3Br$: mélanger $2^g,18$ de bromo-4 résorcine et $3^g,50$ de C.éthylacéthylacétate d'éthyle. Porter le mélange à 0° et y ajouter goutte à goutte, en agitant énergiquement, 10^{cm^3} d'acide sulfurique concentré. Laisser ensuite reposer 3 heures à la température ordinaire. Verser sur glace. Le solide qui se sépare est recristallisé dans l'alcool. Cristaux blancs, F 245°, solubles dans la soude diluée. La solution alcaline est dépourvue de fluorescence.

Éthyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine $C_{13}H_{13}O_3Br$: une solution de $2^g,83$ du corps précédent dans 5^{cm^3} de soude à 10 % est additionnée goutte à goutte, en agitant, de $1^g,4$ de sulfate de méthyle dans 10^{cm^3} d'alcool méthylique. Le mélange est chauffé une heure à reflux, puis traité par un excès d'eau glacée. La réaction étant toujours alcaline, il apparaît un précipité qui est essoré et recristallisé dans l'alcool, F 182°.

Trouvé %, C 52,2; H 4,34; calculé %, C 52,5; H 4,37.

---

(2) ZIEGLER, SPÄTH, SCHAAF, SCHUMANN et WINKELMANN, *Ann.*, 551, 1942, p. 80.

(3) *Ann.*, 556, 1943, p. 1.

(4) *Organic Synthesis*, 17, 1937, p. 23; traduction française, vol. II, p. 194.

(5) PECHMANN et DUISBERG, *Ber.*, 16, 1883, p. 2127.

Mélangés au produit obtenu par action du brome sur l'éthyl-3 méthyl-4 méthoxy-7 coumarine, les cristaux fondent toujours à 182°.

n-propyl-3 méthyl-4 bromo-6 hydroxy-7 coumarine $C_{13}H_{13}O_3Br$: se prépare suivant la même technique que l'homologue inférieur, mais en utilisant 3g,70 de C-*n*.propyl-acétylacétate d'éthyle au lieu de 3g,50 d'éthyl-acétylacétate. F 229° (après recristallisation dans l'alcool).

Les solutions alcalines de ce corps présentent une forte fluorescence visible à la lumière du jour.

n-propyl-3 méthyl-4 bromo-6 méthoxy-7 coumarine $C_{14}H_{15}O_3Br$: par action de 1g,4 de sulfate de méthyle sur 3g de corps précédent, en suivant la technique décrite à propos de l'homologue inférieur éthylé.

Après recristallisation dans l'alcool, la substance se présente sous forme de cristaux incolores. F 162°. Aucun abaissement du P. F. par mélange avec le produit de bromuration par le brome de la *n*-propyl-3 méthoxy-4 coumarine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention de l'acide cyclohexyl-1 cyclohexanecarboxylique par la déshalogénation alcaline de la chloro-1 dicyclohexylcétone.* Note de Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait depuis longtemps que les cétones α-halogénées R—CHCl—CO—R′ (1) se transforment par déshalogénation alcaline en acides (R)(R′) CH—CO_2H (2). Richard (3) admet que dans cette réaction il y a formation intermédiaire de cétènes (R)(R′)C = C = O.

Nous avons montré antérieurement (4) que les cétones chlorées *cyclaniques* du type >C(Cl)—CO—R, dans lesquelles R = CH_3 ou C_6H_5, se transforment également sous l'action des alcalis en acides >C(R)—CO_2H, avec migration du radical R. Pour expliquer cette réaction, dans laquelle la formation de cétène se trouve exclue, nous l'avons rapprochée de la transposition semi-benzilique (5) dont le mécanisme, traduit en langage électronique,

(1) Les radicaux R et R′ peuvent être remplacés soit par des Ar, soit par les chaînons d'un cycle carboné.

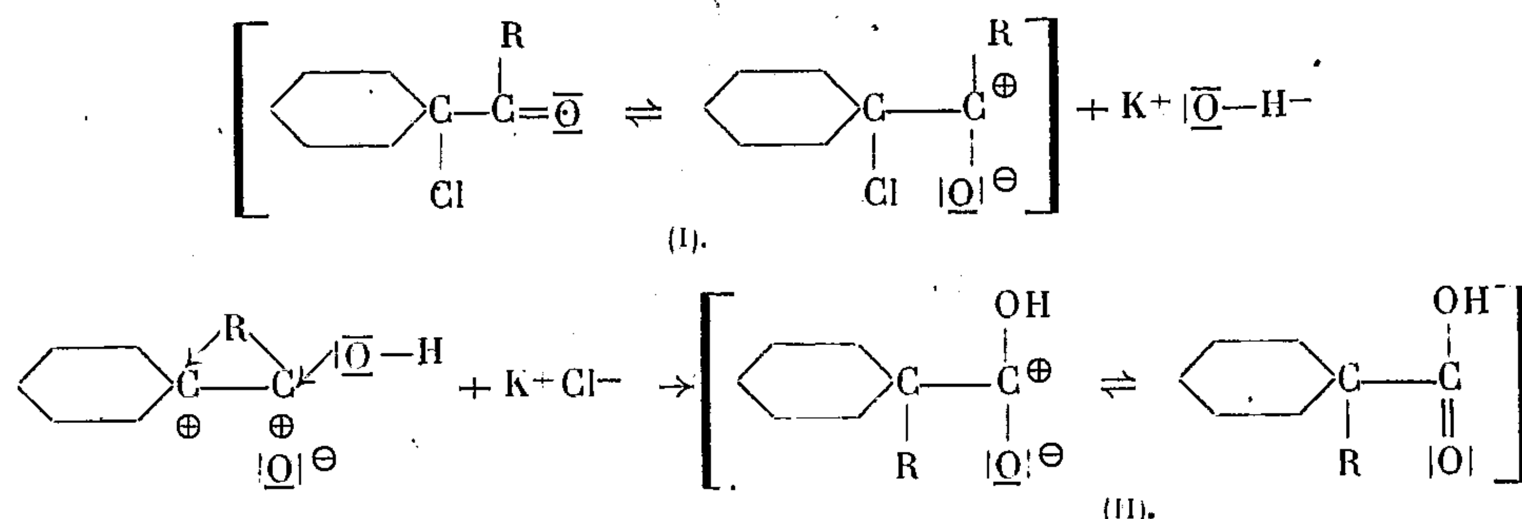
(2) Faworski, *Bull. Soc. Chim.*, (3), 14, 1895, p. 1188; Faworski et Bojowski, *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, 46, 1914, p. 1098; Meerwein, *Ann.*, 417, 1917, p. 259.

(3) Richard, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 286.

(4) Tchoubar et Sackur, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1020.

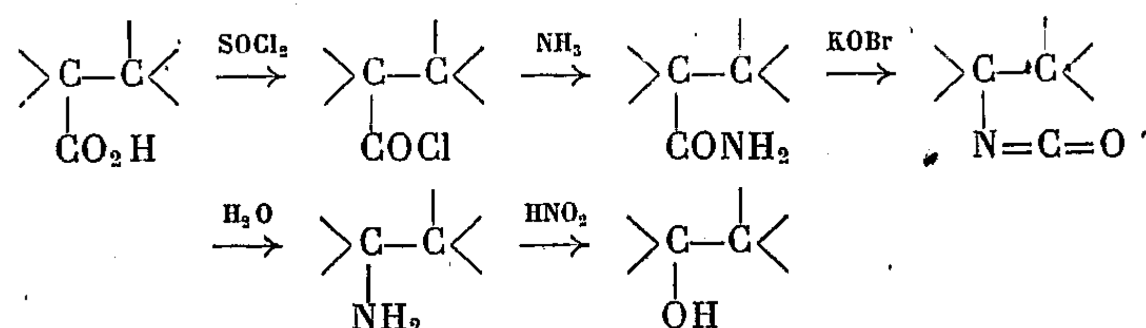
(5) Tiffeneau et J. Lévy, *Ann. Soc. Chim. Argentine*, 16, 1928, p. 144.

peut être représenté de la façon suivante :



Dans la présente Note nous apportons un nouvel exemple de ce type de transposition, se rapportant à l'obtention de l'acide cyclohexyl-1 cyclohexane-carboxylique (II, $R=C_6H_{11}$), à partir de la chloro-1 dicyclohexyl cétone (I, $R=C_6H_{11}$). Cette cétone chlorée, contrairement aux cétones chlorées du même type précédemment étudiées, est stable vis-à-vis de la potasse à froid, le départ du chlore et la transposition qu'il déclenche ne se font qu'à chaud (80-100°).

La constitution de l'acide (II, $R=C_6H_{11}$), non décrit jusqu'ici, a été prouvée par sa transformation en cyclohexyl-1 cyclohexanol. La suite des réactions qui ont permis cette transformation peut être schématisée comme suit :



1° *Préparation et déshalogénation de la chloro-1 dicyclohexyl cétone* ($C_{13}H_{21}OCl$). La chloruration par SO_2Cl_2 suivant la technique de Richard [2] de la dicyclohexyl cétone fournit la *chloro-1 dicyclohexylcétone* (I, $R=C_6H_{11}$) ($É_6$ 139°; F 40°) avec un rendement théorique. Les meilleurs rendements (50 à 60 %) en *acide cyclohexyl-1 cyclohexanecarboxylique* (II, $R=C_6H_{11}$, soit $C_{13}H_{22}O_2$) (cristallisé dans l'alcool, F 119-120°) sont obtenus en chauffant une solution dioxanique de la cétone (I, $R=C_6H_{11}$) à reflux (2 à 3 heures) en présence de KOH pulvérisé.

2° *Transformation de l'acide* (II, $R=C_6H_{11}$) *en cyclohexyl-1 cyclohexanol*

L'acide, traité par $SOCl_2$ à 50°, donne le *chlorure d'acide* correspondant ($É_{18}$ 165°), Rdt 80 %, lequel (10g), agité pendant deux heures avec un excès d'ammoniaque à 20 %, fournit 9g d'*amide* correspondant (cristallisé dans le cyclohexane, F 134°; N % trouvé : 6,1; N % calculé pour $C_{13}H_{23}ON$: 6,6). Cet amide (5g) après trois heures d'agitation avec l'hypobromite de potassium (3g,8 de Br + 38g de KOH à 25 %), est entièrement transformé en isocyanate qui, chauffé pendant trente minutes avec l'HCl concentré, donne 4g de (*cyclohexyl-1*) *cyclohexylamine* ($É_{16}$ 136°); *chlorhydrate* [F 250° (bloc)]. Ce chlorhydrate (1g,5), dissous dans 25cm³ de CH_3CO_2H à 20 %, est additionné de 2g de $NaNO_2$ en solution aqueuse, puis chauffé à 60°; l'huile résultante (1g,3) est constituée par un mélange d'alcool

et de carbure éthylénique et fournit, après distillation dans le vide, 0g,5 de cyclohexyl-1 cyclohexanol cristallisé, identique au produit obtenu par l'action de $C_6H_{11}MgCl$ sur la cyclohexanone.

Conclusion. — La formation de l'acide (II, $R = C_6H_{11}$) à partir de la cétone chlorée (I, $R = C_6H_{11}$) confirme notre observation précédente (4), à savoir : dans la transformation des cétones α-halogénées en acides transposés, le passage par les cétènes n'est pas indispensable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des cétones α-éthyléniques par synthèse diénique.* Note de MM. **Jean Colonge** et **Jacques Dreux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Étudiant la préparation d'alcools tertiaires éthyléniques par action des composés organomagnésiens mixtes sur la méthylbuténone (I), nous avons constaté que cette cétone subissait une transformation avec le temps ou sous l'action de la chaleur.

Or, dès 1910, la firme Bayer et Cº prenait un brevet (1) couvrant la préparation de δ-dicétones éthyléniques à partir de certaines cétones vinyliques. En 1941, Alder, Hoffermanns et Rüden (2), examinant la dimérisation de la méthylvinylcétone, montraient que le produit obtenu n'était pas de nature aliphatique, mais un dérivé dihydropyrannique (II) résultant d'une synthèse diénique.

Notre étude a porté sur deux homologues de la méthylvinylcétone : la *méthyl-2 butène-1 one-3* (I) et l'*éthyl-2 butène-1 one-3* (III). Dans les deux cas, la dimérisation a été réalisée par un chauffage à reflux de 30 heures, avec un rendement de 60 %.

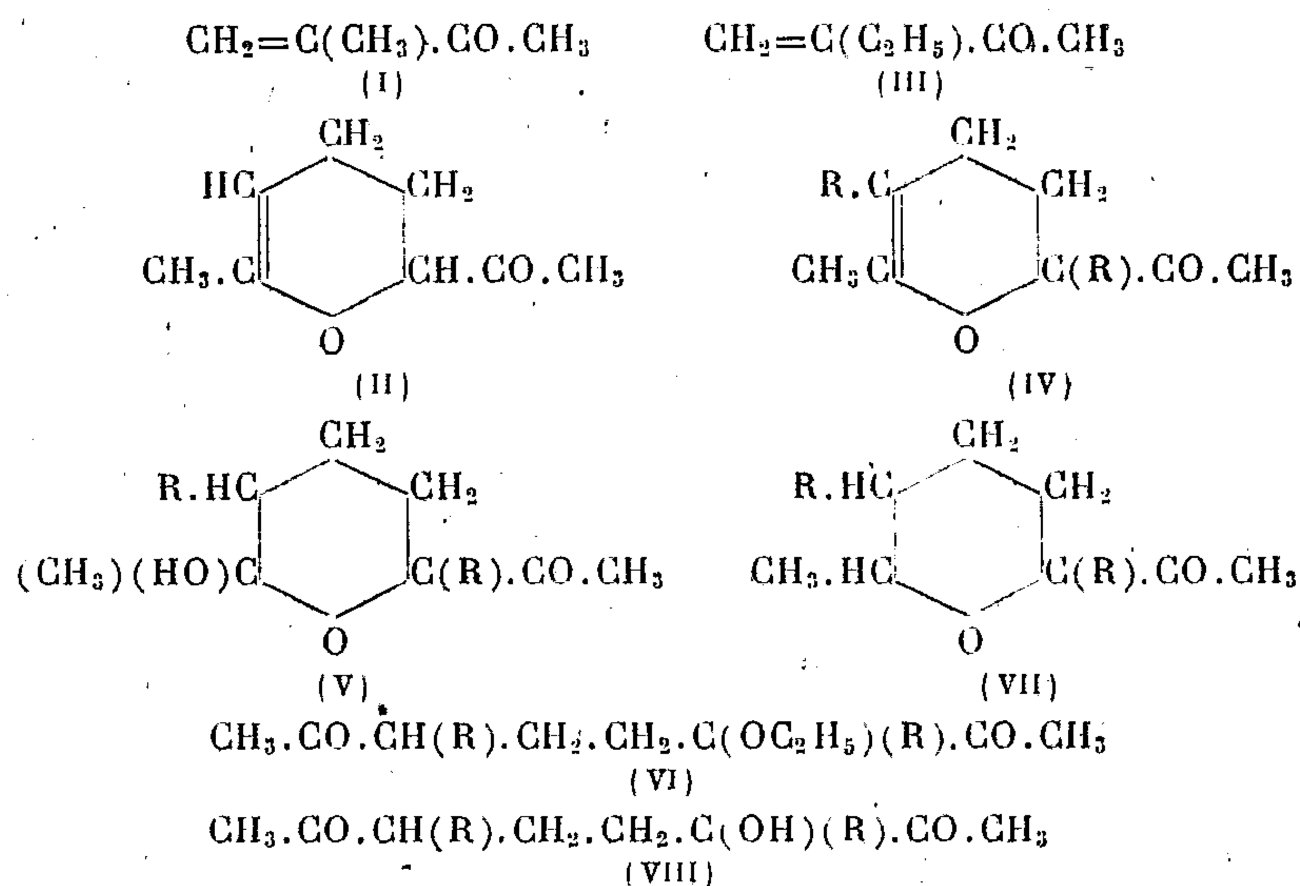
Ces dimères répondent à la formule (IV); ce sont des liquides odorants, possédant les propriétés générales du cycle dihydropyrannique et, en milieu neutre ou alcalin, celles des monocétones. En effet, agités avec des solutions aqueuses à pH allant de 0,8 à 3,4, ils additionnent une molécule d'eau en donnant des *trialcoyl-2.5.6 hydroxy-6 acétyl-2 tétrahydropyrannes* (V). Ces derniers, distillés en présence de traces d'iode, redonnent les dimères initiaux. En liqueur acide, les dimères additionnent une molécule d'alcool éthylique avec formation d'*éthoxydicétones* (VI). En outre, par hydrogénation sur noir de platine, ils conduisent à des *trialcoyl-2.5.6 acétyl-2 tétrahydropyrannes* (VII).

En milieu alcalin (pH 8), les dimères fournissent avec la semicarbazide des monosemicarbazones normales, tandis qu'en milieu acide (pH 4), ils donnent des di-semicarbazones correspondant à des dicétones-alcools (VIII) qui

(1) DRP, nº 227-176.

(2) *Ber.*, 74, 1941, p. 905.

résultent de l'addition d'une molécule d'eau sur le cycle dihydropyrannique suivie de son ouverture. Ces di-semicarbazones sont également obtenues quand on traite les composés (V) par la semicarbazide.



Voici la liste de quelques composés obtenus :

Triméthyl-2.5.6 *acétyl*-2 *dihydro*-2.3 *pyranne* $C_{10}H_{16}O_2$. — (IV, $R=CH_3$). Liquide, $É_{20}$ 86-88°; d_4^{25} 0,969; n_D^{25} 1,4572; monosemicarbazone F 183°; oxime F 71°5.

Triméthyl-2.5.6 *acétyl*-2 *tétrahydropyranne* $C_{10}H_{18}O_2$. — (VII, $R=CH_3$). Liquide, $É_{18}$ 75°; d_4^{27} 0,951; n_D^{27} 1,4413; semicarbazone F 176°.

Triméthyl-2.5.6 *hydroxy*-6 *acétyl*-2 *tétrahydropyranne* $C_{10}H_{18}O_3$. — (V, $R=CH_3$). Liquide, $É_{20}$ 150°; d_4^{23} 1,024; n_D^{23} 1,4450. Di-semicarbazone F 198°.

Diméthyl-3.6 *éthoxy*-3 *octanedione*-2.7 $C_{12}H_{22}O_3$. — (VI, $R=CH_3$). Liquide, $É_{23}$ 103-104°,5; d_{18} 0,987; n_D^{18} 1,4468; di-semicarbazone F 203°.

Méthyl-6 *diéthyl*-2.5 *acétyl*-2 *dihydro*-2.3 *pyranne* $C_{12}H_{20}O_2$. — (IV, $R=C_2H_5$). Liquide, $É_{24}$ 115°; d_4^{17} 0,956; n_D^{17} 1,4630; monosemicarbazone F 122°.

Méthyl-6 *diéthyl*-2.5 *hydroxy*-6 *acétyl*-2 *tétrahydropyranne* $C_{12}H_{22}O_3$. — (V, $R=C_2H_5$). Liquide, $É_{15}$ 158°; d_4^{17} 0,997; n_D^{17} 1,4570; di-semicarbazone F 227°.

Diéthyl-3.6 *éthoxy*-3 *octanedione*-2.7 $C_{14}H_{26}O_3$. — (VI, $R=C_2H_5$). Liquide, $É_{18}$ 125°; d_4^{14} 0,986; n_D^{14} 1,4584; di-semicarbazone F 234°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de la formation des éthers-oxydes symétriques dérivés des alcools aliphatiques saturés à longue chaîne.* Note de MM. **Roger Perron** et **Charles Paquot**, présentée par M. Charles Dufraisse.

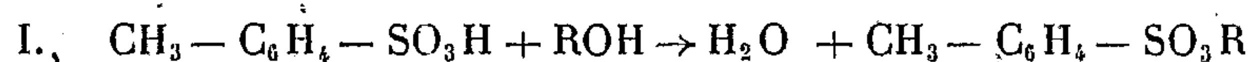
La formation et les propriétés de ces corps sont peu ou pas connues, contrairement à celles des éthers-oxydes dérivés des alcools à bas poids moléculaire. Dans le but de combler partiellement cette lacune, nous avons étudié la formation de l'éther-oxyde dérivé de l'alcool hexadécylique (alcool cétylique).

Après avoir expérimenté divers catalyseurs minéraux qui n'ont pas été satisfaisants, notre choix s'est arrêté sur l'acide paratoluène sulfonique, qui à partir de l'alcool cétylique donne peu de goudrons et un bon rendement en éther-oxyde.

Des diverses expériences faites, il ressort que le mode opératoire optimum est le suivant : opérer à 135° sous une pression de 1mm avec une molécule de catalyseur pour deux molécules d'alcool.

Un accroissement de température accélère la réaction mais amène la formation, à côté de l'éther-oxyde, de produits éthyléniques. Il en est de même pour un accroissement de la concentration initiale de catalyseur.

Remarquons que la concentration optimum de catalyseur à employer est précisément celle indiquée par le système des deux équations chimiques qui expliquent la transformation de l'alcool en éther-oxyde, par l'intermédiaire d'un ester, comme on l'a admis depuis longtemps, avec Williamson [1], [2].



$$\text{I.} \quad CH_3-C_6H_4-SO_3H + ROH \rightarrow H_2O + CH_3-C_6H_4-SO_3R$$



$$\text{II.} \quad CH_3-C_6H_4-SO_3R + ROH \rightarrow ROR + CH_3-C_6H_4-SO_3H$$

On peut, *a priori*, penser que la vitesse de la réaction I est supérieure à celle de la réaction II, l'alcool agissant dans le premier cas sur un acide et dans le second sur un ester.

Si cela est vrai et étant donnée la grandeur moléculaire de l'alcool employé, il paraît possible de montrer effectivement l'existence de cet ester intermédiaire dans le mélange final.

Nous avons pour cela déterminé l'indice de saponification (I_S) de la partie neutre de différents produits bruts obtenus dans diverses expériences.

Celui-ci a toujours accusé une valeur notable qui s'accroît avec le temps de réaction. L'existence de l'ester sulfonique a en outre été montrée qualitativement et quantitativement, en effectuant des dosages de soufre selon Pringsheim qui ont été satisfaisants.

D'autre part, en construisant les courbes donnant l'I_S en fonction de l'indice

---

(1) *J. Chem. Soc. London*, 4, 1852, p. 106.

(2) *An. Chim. et Phys.*, 40, 1854, p. 98.

d'hydroxyle I_{OH}, c'est-à-dire la proportion d'alcool non transformé dans le produit final, nous avons constaté que les points expérimentaux obtenus se groupent sur des droites parallèles, selon les différentes concentrations de catalyseur employées. Pour la concentration optimum, tous les points sont exactement en ligne droite, celle-ci passant par l'I_{OH} théorique de l'alcool (231,4). Les autres courbes accusent une période d'induction représentée par un arc de courbe concave ou convexe, puis une période de *réaction normale* figurée par une droite parallèle à la précédente. Quand on élève la concentration initiale en catalyseur, les droites obtenues se resserrent; ceci permet de dire que l'I_S tend vers une limite quand la concentration en catalyseur croît. Elle est comprise pour le cas qui nous occupe entre 65 et 70 (l'indice théorique pour une estérification intégrale étant 141).

Du point de vue théorique, le fait que les courbes $I_S = f(I_{OH})$ soient des droites, permet de montrer que le rapport des vitesses des réactions I et II est constant. Nous lui avons trouvé, dans cette étude, la valeur 1,8. Pour des concentrations de catalyseur autres que la concentration optimum, ce rapport présente des valeurs variables correspondant à la période d'induction, pour atteindre au point où la courbe se résout en une droite, la valeur constante trouvée.

En outre, le coefficient de pente des droites obtenues ne paraît devoir dépendre que des corps initiaux en présence. (Pour l'alcool hexadécylique et l'acide *p*-toluène sulfonique, sa valeur est très sensiblement 1/4.)

Nous avons d'autre part déduit de l'existence de cet ester sulfonique intermédiaire une amélioration dans la préparation de l'éther-oxyde : arrivés au point où il reste juste assez d'alcool pour transformer en éther-oxyde l'ester sulfonique présent, nous empêchons la réaction I en introduisant progressivement de l'ammoniac gazeux sec qui bloque au fur et à mesure l'acide libéré. De cette façon, nous arrivons au bilan suivant :

Éther-oxyde	75 %
Hydrocarbure éthylénique	7,5 %
Ester sulfonique	10 %
Alcool non transformé	7,5 %

GÉOLOGIE. — *Les granites du Sahara*. Note (*) de M. **Roman Karpoff**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans l'Adrar des Iforas au Sahara, la répartition des terrains de trois systèmes antécambriens ([1]) permet de préciser l'âge des granites dont certains appartiennent à des types que l'on trouve depuis l'Atlantique jusqu'en Arabie.

(*) Séance du 10 janvier 1949.

([1]) R. Karpoff, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 428-429.

Le Suggarien, système le plus ancien, forme un noyau central; il est encadré en discordance par le Pharusien, généralement moins métamorphique, et qui affleure d'une part à l'Est d'une ligne Ouchenna-Tin Essako-Tirek dans la région orientale, d'autre part à l'Ouest d'une ligne sinueuse passant près d'In Choumadjène et aux Adrars Tisset et Izelilène dans la région occidentale de l'Adrar. Le Pharusien forme également un petit synclinal de roches vertes et de conglomérats au Sud-Ouest de l'Adrar Mariouet.

Seuls les bancs de roches suggariennes et pharusiennes sont coupées par des granites et des roches basiques. Le troisième système ou Nigritien est postérieur à la mise en place de tous les granites, mais comprend localement des coulées de rhyolites interstratifiées ([2]).

1. *Suggarien.* — A défaut de discordance bien nette du Pharusien sur des granites plus anciens, les seuls granites indiscutablement suggariens sont représentés par des galets dans des conglomérats pharusiens. Parmi 16 de ces galets, 4 seulement renferment de l'orthose ou du microcline primaires, les autres étant à albite ou à oligoclase et 2 à andésine; il n'existe aucune perthite. Toujours parmi les galets, on remarque la teinte grise ou noirâtre des microgranites à biotite et phénocristaux blancs de plagioclase, tandis que les rhyolites suggariennes, fréquemment oligistifères ne montrent pas la remarquable structure en micropegmatites palmées ou étoilées répandue dans bon nombre de microgranites pharusiens.

2. *Pharusien.* — Durant le cycle pharusien, d'énormes masses, surtout granitiques, recoupent les roches *para* ainsi que les coulées de laves vertes et les conglomérats interstratifiés. Le type le plus ancien de roche éruptive semble être un gabbro; il est coupé par une granodiorite que je propose d'appeler *granodiorite de l'Échide* du nom d'une montagne.

Plus récent sans doute que la granodiorite, et généralement gris, un granite pharusien, syntectonique, en masses plus ou moins réduites, allonge ses minéraux parallèlement à la direction des plis. Je propose de désigner ce granite du nom de *granite de Tibeggatine*, du nom d'un oued de l'Adrar.

A l'époque où apparaissait le granite syntectonique, il semble que soient nées les *migmatites* du Pharusien; elles sont très belles à l'Est d'Amedji.

Au granite syntectonique pharusien succède le granite le plus répandu dans l'Adrar. Celui-ci abonde dans l'énorme écharpe granitique qui, sur 350^{km}, traverse tout l'Adrar occidental; il affleure à Tin Zaouatène et vers le NE et le SE de ce poste; enfin, on le retrouve en pleine zone suggarienne où il forme des reliefs notables. La biotite est toujours présente et la roche est très fréquemment porphyroïde; les perthites, la hornblende et le sphène sont assez répandus, la hudsonite est plus rare ainsi que l'allanite. Je propose d'appeler ce granite majeur du nom de *granite des Iforas*; il est l'équivalent du *granite* de *Winneba* et du *Older granite* d'A. O. F. et de Nigéria.

La mise en place de ce granite a été suivie de peu par celle d'un granite de composition analogue, mais à grain plus fin, dont le relief en cônes est assez caractéristique et que je propose d'appeler *granite de Tin Ezemane*, du nom de collines situées à l'Est d'Oubankort. La presque totalité des aplites, des pegmatites rouges ou roses ou des filons de quartz paraît être issue du granite des Iforas; ils recoupent des dolérites et des lamprophyres

---

([2]) R. Karpoff, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 582-583.

plus anciens. Enfin, beaucoup de microgranites à biotite et bon nombre de rhyolites peuvent se rattacher au granite des Iforas.

Finalement apparaît le granite le plus récent et bien connu de l'Atlantique jusqu'en Arabie. C'est un *granite à riébeckite et amphiboles sodiques* accompagnées de très belles perthites. Il forme des reliefs notables (Adrars Tiraouanine, Ilebdjane, Denat) ou peu prononcés (In Abalène) et possède un *faciès à biotite* décrit dans l'Aïr, le Mounio et en Nigéria où il porte le nom de *Younger granite*. Ce faciès à biotite existe également dans l'Adrar.

En résumé, *les granites suggariens sont pauvres en feldspaths potassiques* (présents dans 25 % des cas) et sont dépourvus de perthites primaires, tandis que les microgranites ont une couleur grise assez caractéristique.

Les granites pharusiens sont par contre très potassiques ainsi que le montrent les analyses et l'abondance de l'orthose et du microcline (62 % des cas); *les perthites sont bien représentées* (dans 32 % des granites) et apparaissent avec le granite syntectonique; les microgranites et les rhyolites pharusiens les plus récents montrent de très belles structures en micropegmatites palmées. Comme on retrouve ces microgranites et ces rhyolites particulières parmi les galets des conglomérats nigritiens, le Nigritien est donc plus récent que le granite à ægyrine et amphiboles sodiques et que tous les granites connus à ce jour dans l'Adrar des Iforas.

Les masses de granites majeures sont apparues d'une façon pratiquement continue au cours du cycle orogénique pharusien; le granite alcalin à ægyrine et amphiboles sodiques est certainement antécambrien puisqu'il est déjà anténigritien. Ce sont là des résultats importants pour l'étude des terrains anciens qui affleurent si largement en Afrique.

GÉOLOGIE. — *Le synclinorium carbonifère de Ronchamp; ses relations avec les bassins houillers du Massif Central.* Note (*) de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

J'ai défini précédemment ([1]) les assises carbonifères du bassin houiller de Ronchamp : les terrains dits de transition, probablement du Namurien, surmonté par le Stéphanien discordant, avec l'assise de Mourière à la base et l'assise de Ronchamp au sommet. L'assise de Ronchamp est transgressive vers l'Est sur celle de Mourière. Enfin, les argilolites rouges du Permien sont partiellement un faciès rouge du Stéphanien moyen comme l'étage d'Ottweiler de la Sarre ([2]).

J'ai reconnu un certain nombre de synclinaux et d'anticlinaux. Il y a au Nord le Synclinal de Mourière et de Froideterre avec un faisceau de cinq veines sous

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1016-1018; 225, 1947, p. 1339-1341.

([2]) G. Mathieu, *Géologie appliquée et prospection minière*, n° 1, 1948, p. 49-56.

le poudingue talqueux. Sous couverture permienne remontant vers Aillevillers et le Val d'Ajol, ce Stéphanien peut être assez étendu vers le Nord-Ouest. Cette cuvette n'est pas fermée vers l'Ouest et l'on se heurte à une limite d'exploitabilité.

La cuvette de Mourière est séparée du bassin de Ronchamp par la selle anticlinale de terrain de transition (avec épanchement de diabase recoupée par la Bovette Sud de l'ancien puits Saint-Paul) qui passerait par le sondage numéro 3 de Lure, complètement stérile.

La cuvette de Ronchamp s'approfondit vers le Sud-Ouest, mais sa couverture permienne se gonfle à Frotey-les-Lure, où un sondage n'est pas sorti du Permien à la profondeur de 1200^m.

Entre les exploitations du puits d'Arthur de Buyer dans la concession d'Eboulets et le sondage positif de Lomont ([3]) qui a trouvé le houiller en 1907 entre 1000 et 1100^m, il existe un bombement anticlinal orienté presque Est-Ouest dans lequel sont rentrés les sondages de Belverne, La Pissotte, Moulin-du-Faux. Ces trois sondages ont traversé surtout des grès talqueux, des grauwackes verdâtres avec pétrosilex, rhyolite et même pyroméride. Leur stérilité s'explique par la présence d'un anticlinal dinantien constaté par Pierre Termier (rapport non publié de 1907) à Echavannes, se détachant de l'Anticlinal du Salberg.

Le massif dévonien du Salberg près de Belfort se continue par la bande de Chagey et le massif du Bois de Saulnot. L'anticlinal est encore sensible dans le Trias de Villersexel pour prendre la direction du horst primaire de la Serre, au Nord de Dôle (Jura).

Cet axe anticlinal très apparent, Le Salberg-La Serre, doit servir de limite Nord à une dernière bande carbonifère dont il existe quelques témoins sur le Territoire de Belfort et qui disparaît au Sud sous le Trias et le Jurassique de Champey-Saulnot-Héricourt (ce que Pierre Termier avait très bien vu dès 1907).

Les différents plis synclinaux qui se serrent en approchant de la trouée de Belfort doivent diverger sous la plaine Jurassique et tertiaire de Bourgogne pour donner des bassins distincts dans le Massif Central.

Ainsi, si le synclinal de Mourière-Froideterre se dirige sur Autun-Épinac, celui de Ronchamp, qui apparaît sous forme de Permien épais sur le flanc nord-ouest de la Serre, peut être en relation avec le Bassin de Blanzy, le Creusot. Enfin, le synclinal de l'Est du Salberg descendrait le long du Vignoble franc-comtois par Clairval et Besançon pour prendre la direction du synclinal carboni-

([3]) Contrairement à ce qui a été écrit par L. de Launay, ce sondage n'a pas été fait uniquement au trépan, et l'on a tiré des carottes du Carbonifère, de sorte qu'il n'y a pas lieu de mettre en doute la coupe très précise publiée par E. FOURNIER, *Bull. Soc. Géol. France*, 1907, p. 157.

fère de Sainte-Foy-l'Argentière. On sait que le bassin houiller de Saint-Étienne remonte souterrainement jusqu'à Lagnieu en Bugey au pied du Jura.

Dans cette hypothèse, qui cadre bien avec la tectonique de détail du secteur de Ronchamp, le carbonifère de la Porte de Bourgogne correspondrait à plusieurs bandes du Massif Central convergentes au pied des Vosges méridionales. Les bandes Autun-Épinac-Lure et Blanzy-Le Creusot-Ronchamp sont caractérisées par une grande épaisseur de Permien, tandis que la bande Belfort-Besançon-Poligny ne comporte pas de Permien.

Enfin à la bande stéphanienne de Sincey isolée au milieu des gneiss du Nord du Morvan correspondrait le Bassin houiller des Vosges centrales, de Saint-Dié à Sainte-Marie-aux-Mines, dont il ne subsiste que les lambeaux de Lalaye, Le Hury, Lubine, Albe (*voir* thèse J. Jung).

En résumé, le synclinorium houiller du S des Vosges comprend trois synclinaux : 1° celui de Froideterre; 2° celui de Ronchamp; 3° celui de Chagey-Saulnot-Héricourt, disposés en éventail à partir de Belfort.

Entre le Massif Central et les Vosges, on serait donc conduit à tracer les lignes synclinales suivantes du Carbonifère : 1° Sainte-Foy-l'Argentière, Trévoux, Bourg, Besançon, Belfort; 2° Montceau-les-Mines, Chagny, Auxonne, Ronchamp; 3° Autun, Épinac, Dijon, Gray, Froideterre; 4° Sincey. Selongey, Jussey, Sainte-Marie-aux-Mines. Il s'agit essentiellement d'alignements de lacs d'âge stéphanien.

Ce faisceau de plis stéphaniens des Cévennes aux Vosges est beaucoup plus pincé dans les Vosges et au contraire plus étalé dans le Massif Central. De même les liaisons évidentes par les dislocations du Poitou ([4]) nous montrent que les plis sud-armoricains sont beaucoup plus pincés dans les Cornouailles que dans le Limousin. La cartographie des Bassins houillers conduit bien à la symétrie des faisceaux armoricains et varisques.

PÉDOLOGIE. — *Sur le phénomène de rubéfaction et ses conditions climatiques.* Note de M. **Georges Charles**, présentée par M. Albert Demolon.

La vaste ceinture des terres rouges méditerranéennes qui a commencé à se constituer en certains points de l'Algérie au Villafranchien, s'est surtout formée durant les cycles à climat rubéfiant du Milazzien, du Tyrrhénien et du Grimaldien. Actuellement on considère généralement les terres rouges méditerranéennes comme des formations fossiles élaborées sous un climat humide et chaud. On s'appuie pour cela sur la faune que l'on y a découvert sur la position et les caractères lithologiques de ces sédiments, et sur leur analogie avec les formations rouges actuelles de la zone tropicale humide. Par suite, la plupart

([4]) G. Mathieu, *Thèse*, Lille, 1937.

des géologues admettent que les conditions climatiques actuelles ne sont plus favorables en Algérie au phénomène de rubéfaction.

J'ai constaté à Alger et dans sa banlieue (Guyotville, Bains-Romains, Pointe-Pescade, Deux-Moulins, Saint-Eugène et Hydra) de nombreux cas actuels de rubéfaction.

Au Sud-Est de Guyotville, des fouilles effectuées il y a près de deux ans dans des grès à hélix près des bâtiments de la propriété du Dr Pinelli ont mis à nu la roche non altérée. Depuis, le phénomène de rubéfaction a donné en surface, un sol sableux, rouge, analogue à celui qui recouvre les grès dans cette région.

On peut également observer une rubéfaction actuelle de la mollasse du faciès Astien près du Musée national des Beaux-Arts au Jardin d'Essai, de gneiss glanduleux au Chemin du Télemly, et de micaschistes primaires près de la Pointe-Pescade (Saint-Eugène).

Ce qui rend très difficile le diagnostic d'une rubéfaction actuelle et de son importance, c'est la présence générale de terres antérieurement rubéfiées.

Sur de nombreux murs de la ville d'Alger et de sa banlieue on constate une rubéfaction du crépissage et du mortier liant les pierres. Cette rubéfaction des murs présente un grand intérêt puisqu'elle permet de dater le phénomène avec certitude et de l'étudier dans d'excellentes conditions. Elle peut être suivie depuis le début de l'altération jusqu'à la formation d'une argile rouge.

La rubéfaction ne se produit donc pas exclusivement aux dépens des roches calcaires. Toutefois actuellement, c'est sur ces roches que le phénomène est le plus fréquent. Ceci semble résulter d'une plus grande facilité d'altération.

L'intérêt de ces observations réside principalement dans les déductions qui peuvent en être tirées sur les conditions climatiques du phénomène.

En dehors de la nécessité pour la roche de renfermer une certaine quantité de fer, deux facteurs essentiels doivent être réunis : *une humidité et une température suffisantes*. En effet, le phénomène ne se produit pas sous l'action directe des pluies, lorsque la température des roches est insuffisante. Il existe par contre aux points où l'humidité persiste après les pluies, la température de la roche ou du mur s'élevant alors suffisamment. L'importance du facteur humidité est nettement mise en évidence par les auréoles de rubéfaction décroissantes du mortier et du crépissage, autour des barbacanes des murs de soutènement de jardins. Les mousses jouent à cet égard un rôle important par l'humidité qu'elles entretiennent. Partout où je l'ai constaté, le phénomène de rubéfaction ne se produit que superficiellement, ce qui confirme l'action considérable de la température ambiante.

Si l'un des deux facteurs, humidité et température, n'atteint pas un certain minimum, même avec excès de l'autre, la rubéfaction ne se produit pas, la mollasse calcaire et le mortier donnant des terres jaunes. C'est dans des conditions semblables qu'ont pris naissance les *sols jaunes* fréquents dans le Sahel

d'Alger, formés aux dépens de la mollasse du faciès Astien. Cette observation permet d'expliquer également les conditions climatiques de formation des argiles jaunes, qui surmontent les alluvions argileuses rouges du quartier Belfort à Maison-Carrée. Ces argiles jaunes ont dû se déposer au début du Flandrien, sous un climat humide mais insuffisamment chaud pour qu'il y ait rubéfaction.

D'une façon générale, la rubéfaction nécessite un minimum des conditions climatiques qui, souvent, ne se réalise que localement, ce qui explique le peu d'extension de certaines formations. Cette notion permet d'expliquer pourquoi, malgré la température élevée, on ne rencontre pas de formations rouges actuelles dans les déserts. La cause est l'insuffisance de l'humidité. Pour que le phénomène de rubéfaction se produise, les conditions d'humidité étant réalisées, la température minimum de la roche paraît devoir être comprise entre 15 et 20 degrés.

L'insolation directe n'est pas nécessaire pour qu'il y ait altération rubéfiante. Des murs qui ne reçoivent jamais le soleil se rubéfient. L'intensité accrue de la radiation solaire envisagée comme particularité rubéfiante de certains paléo-climats [1] n'aurait donc agi que par élévation de la température. On peut admettre dans ces conditions, que l'ombrage d'une végétation luxuriante a pu, en climat rubéfiant, favoriser le phénomène par maintien de l'humidité sur les roches.

Les observations qui viennent d'être mentionnées confirment donc l'hypothèse citée plus haut sur les conditions des paléo-climats rubéfiants et les précisent.

On n'a pas observé de phénomène actuel de rubéfaction à l'intérieur du territoire algérien. Toutefois, son existence très locale, avec un très faible développement sur des calcaires est possible. Sa présence sur la côte algérienne peut être interprétée comme la persistance locale de conditions qui lui sont favorables. Cependant celles-ci ont dû être interrompues durant le cycle Flandrien. Il semble donc bien plutôt que l'on soit en présence ici d'un retour actuel des conditions de climat rubéfiant, remplaçant progressivement celles du climat à terres noires du Flandrien, ce qui confirmerait l'hypothèse émise par G. Choubert [2].

---

(1) G. Choubert et G. Bryssine. *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 863.

(2) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 641.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *L'altitude des couches émettant la lumière du ciel nocturne dans les régions tropicales et sa variation au cours de la nuit.* Note de Mme **Arlette Vassy**, MM. **Paul Abadie** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dès nos premières observations sur la lumière du ciel nocturne au Pic du Midi, nous avions attiré l'attention (1) sur les manifestations aurorales que la sensibilité et la rapidité de notre appareillage nous permettaient de mettre en évidence. Les séjours suivants confirmèrent la présence de cette activité, et la fréquence des observations présentant ce phénomène a atteint 50 % en octobre 1945 et 37 % en décembre 1946.

Pour nous mettre à l'abri de cette activité aurorale, gênante quand on cherche à atteindre l'émission permanente du ciel nocturne et en particulier son altitude, nous avons effectué du 15 décembre 1948 au 4 janvier 1949 un séjour à Tamanrasset, Hoggar (22° 41′ latitude Nord, 5° 30′ longitude Est, altitude 1400m). La pureté de l'air et la très faible épaisseur d'eau condensable rendaient excellentes les conditions d'observation.

Comme nous l'espérions, nous n'avons pas rencontré de manifestations d'activité aurorale, et les courbes de répartition de la brillance en fonction de la distance zénithale, conduisent, par la méthode décrite dans une précédente Note (2), à une altitude assez bien définie. Contrairement aux résultats obtenus au Pic du Midi, il suffit d'une seule couche à haute altitude pour rendre compte des résultats; l'accord est bien meilleur si l'on suppose que la couche a une épaisseur de 200km, ce nombre n'étant qu'un ordre de grandeur et non une mesure de cette épaisseur.

La moindre complexité du phénomène nous a permis de déceler un effet nouveau : la variation de cette altitude au cours de la nuit.

Ainsi pour la raie verte 5577 Å et la nuit du 31 décembre, nous pouvons indiquer les altitudes suivantes : début de la nuit, couche comprise entre 750 et 1 000km; milieu de la nuit, couche comprise entre 400 et 600km; fin de la nuit, couche comprise entre 300 et 500km.

Pour la même nuit, mais pour la raie rouge 6300 Å : début, couche comprise entre 1000 et 1200km; milieu, couche comprise entre 600 et 750km; fin, couche comprise entre 450 et 600km.

Ce phénomène est absolument général et se retrouve avec la même ampleur toutes les nuits. On voit que cette variation est du même ordre pour les deux raies verte et rouge; aussi pensons-nous qu'elle est due à une contraction de l'atmosphère supérieure par suite du refroidissement nocturne. On sait que les mesures

(1) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 610.
(2) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 164.

ionosphériques de la couche F ont indiqué un effet de ce genre; Martyn et Pulley avaient indiqué ([3]) dès 1936 une importante variation de température entre le jour et la nuit. L'émission serait ainsi limitée aux plus hautes couches de l'atmosphère, et les suivrait dans leur descente progressive au cours de la nuit.

Remarquons que les mesures obtenues en visant en direction de l'Est présentent une certaine avance sur les visées Nord-Sud, ce qui paraît facile à concevoir puisque ces mouvements atmosphériques suivent le Soleil dans sa rotation apparente, comme par exemple la couche F_2.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le givrage des lignes électriques.* Note de MM. **Hubert Garrigue, Robert Poyart** et **Pierre Hautefeuille**, présentée par M. Charles Maurain.

Une station d'étude a été installée au sommet du Puy de Dôme, par les soins de l'Électricité de France. Elle comprend : 1° un ensemble de six lignes d'une seule portée de 200^m en câble d'acier aluminium. Cinq d'entre elles sont constituées par une nappe verticale ou horizontale de deux brins de 26^{mm} de diamètre, la sixième est un câble unique creux de 45^{mm} de diamètre. 2° Deux nappes de deux brins d'une seule portée de 20^m. L'une d'elles peut être soumise à une tension alternative de 120 000 V_{eff}, 50 p/s.

Les moyens d'observation, autres que l'observation visuelle, la photographie, la mensuration et la pesée, sont, pour les nappes de 200^m : 1° Un dispositif de compteurs électriques enregistrant les contacts entre les deux brins d'une même nappe. 2° Une sonde microphonique à membrane lourde, sensible seulement aux vibrations transmises par le support, associée à un amplificateur. Ce dispositif permet de connaître, au laboratoire et de façon permanente, pour le câble sur lequel la sonde est fixée, la situation *sonore*. De plus, lorsque le niveau sonore, à la sortie de l'amplificateur, dépasse la limite qui a été choisie, un signal d'alarme est déclenché par l'intermédiaire d'un train de relais.

Les premiers résultats obtenus sont les suivants :

1° La nappe de 20^m soumise à la tension 120 000 V_{eff}, 50 p/s paraît se couvrir de givre plus vite que la nappe neutre.

2° Sur les nappes horizontales de 200^m, le brin qui est du côté d'où vient le vent se couvre de givre plus abondamment que les autres. Sur les nappes verticales, il semble que le brin supérieur est givré plus abondamment que le brin inférieur.

Les givres observés sont classés en deux groupes :

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, 154, 1936, p. 455.

1° *Givres latéraux.* — Ils se déposent en drapeau, lorsque le vent souffle de côté. Le drapeau est aérodynamiquement instable, il y a aussitôt apparition de vibrations rapides désordonnées très énergiques de période 0,2 à 0,04 sec., qui détachent le givre formé. La sonde microphonique décèle un bruit de *sac* coupé de chocs et de silences, le niveau sonore moyen au récepteur est 10 (évalué de 0 à 10 pour un vent moyen de 15 m/sec.). En fin de compte, seuls les éléments de givre très adhérents restent sur le câble. Ils peuvent se nourrir plus ou moins abondamment avant d'être détachés à leur tour. Exceptionnellement, si le vent de côté est faible, il n'y a pas vibration, le câble tourne sous le poids du givre; celui-ci se dépose de façon plus homogène ([1]) autour du câble et peut arriver à produire des effets indentiques à ceux des givres parallèles.

2° *Givres parallèles.* — Ils se déposent en forme de manchon enrobant le câble, lorsque le vent souffle dans le sens de la ligne. Ces givres se nourrissent régulièrement. Ils peuvent atteindre de fortes dimensions avant de s'écrouler, car ils n'engendrent aucune vibration du câble susceptible de les détacher prématurément. Le diamètre maximum observé a été de 45^{cm}. On a assisté, dans ce cas, à l'écroulement simultané et spontané de toute la masse de givre devenu *instable*, ce qui a fait apparaître sur le câble une *onde de choc* extrêmement énergique.

La sonde microphonique décèle un *bruit de vent* régulier de niveau 9. Ce bruit devient haché et désordonné avant l'écroulement partiel ou général.

Les catastrophes observées sur les nappes de 200^{m} sont les suivantes :

1° 2-3 janvier 1949, givrage parallèle abondant; 4 janvier, bruine et verglassage vif latéral; 5 janvier, rupture d'une ligne.

2° 14 janvier, givrage parallèle suivi de verglassage latéral, rupture d'une seconde ligne.

3° 14 janvier, verglassage vif plus abondant sur les lignes intactes. Rupture de quatres lignes et dégâts divers. Immédiatement avant rupture, les compteurs téléphoniques enregistrent trois contacts entre brins de la même nappe : ceci prouve que la rupture a lieu après écroulement général de la masse de verglas et qu'elle est due par conséquent à l'onde de choc qui en résulte.

([1]) Un travail non publié, effectué en Allemagne en 1942 par Burkeim, pour le compte de la Société Siemens, signale ce phénomène de la rotation du câble sous l'influence du couple du givre, ce qui provoque, à la longue, l'apparition d'un manchon qui enrobe la ligne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des ultrasons sur les graines et les plantules des végétaux supérieurs.* Note de M. **Jean Loza**, présentée par M. Raoul Combes.

L'action des ultrasons sur les végétaux a déjà été étudiée par Wood et Loomis ([1]), Istomina et Ostrovsky ([2]), Yamaha et Ueda ([3]), qui ont employé des appareils fournissant un système d'ondes stationnaires. C'est à ce phénomène qu'ils ont rapporté la plupart des résultats observés.

J'ai repris ces recherches en utilisant le dispositif décrit par J. Sautet ([4]) qui supprime pratiquement les ondes stationnaires. Il eût été intéressant de faire varier la fréquence, mais l'appareil ne le permettant pas, j'ai dû me borner à faire varier seulement l'intensité et les temps d'exposition.

Dans une première série d'expériences, des grains vêtus de Riz, des graines de Soja, de Pois et de Radis ont été placés dans des tubes de cellophane et irradiés pendant 5, 15 et 30 minutes, sous une intensité de 0,8 ampère et à la fréquence de 960 000 périodes par seconde. Les graines ne paraissent pas affectées, sauf pour une exposition assez longue, au bout de laquelle quelques plantules ont été tuées, ce qui explique le plus faible pourcentage des germinations. Pour le Soja, par exemple, 61 % seulement de germinations, après 11 jours, de graines irradiées pendant 30 minutes, contre 85 % de graines témoins. En aucun cas nous n'avons retrouvé l'accélération de la germination observée par Istomina et Ostrovsky.

La deuxième série d'expériences a permis d'étudier l'influence des ultrasons sur la croissance des jeunes racines de Pois. A 0,8 ampère la pression de radiation fait apparaître, à la surface de l'eau du cristallisoir, un jet de 5 à 6^{cm} de hauteur; lorsqu'on place l'extrémité d'une racine de Pois, au 3e jour de germination, sur le trajet du faisceau, on note d'abord un abaissement sensible de la hauteur de ce jet. A mesure que l'irradiation se poursuit, cette hauteur augmente, pour atteindre la valeur qu'elle avait avant l'interposition de la plantule. Le faisceau passe librement, comme si l'obstacle créé par la racine avait été supprimé; la zone irradiée est devenue translucide. La destruction des tissus débute dans la partie périphérique de la racine et gagne rapidement l'écorce tout entière en respectant le cylindre central, qui est en quelque sorte contourné par la zone qui s'éclaircit. Puis la stèle est attaquée à son tour, mais l'éclaircissement de cette région n'est jamais total et, par transparence, on

---

([1]) *Phil. Mag.*, (7), 4, 1927, p. 417-436.

([2]) *C. R. Acad. Sci. U. R. S. S.*, 2, 1936, p. 155-160.

([3]) *Cytologia*, Tokio, 9, 1939, p. 524.

([4]) Sautet J., Levavasseur G. et Vuillet J., *Revue canadienne de Biologie*, Montréal, 6, 1947, p. 179.

aperçoit encore dans l'axe de la racine une mince bande plus sombre qui en marque l'emplacement. La région de la coiffe offre une résistance particulière et garde son opacité complète.

L'examen histologique des racines irradiées montre que la structure des cellules des zones translucides a subi un bouleversement complet : pycnose des noyaux, vacuolisation du cytoplasme, rupture des membranes. Tandis que l'ensemble de l'écorce présente ces caractères de désorganisation, le cylindre central au contraire reste parfaitement normal, ainsi que la coiffe. Il est remarquable de constater que les noyaux de l'assise pilifère, qui est le prolongement de l'assise la plus interne de la coiffe, résistent plus que ceux de l'écorce.

Si les effets provoqués sont les mêmes que ceux décrits par Yamaha et Ueda, il faut souligner que la distribution des zones détruites est différente. D'après ces auteurs la localisation et l'importance de l'action ultrasonore sont uniquement liées à la présence de nœuds et de ventres. Or, comme il a été dit, je n'ai pas eu dans mes expériences production d'ondes stationnaires, et mon matériel a subi dans toutes ses parties une action homogène. La localisation dans l'écorce des effets nécrotiques ne peut donc provenir que de la moindre résistance de cette région de la racine aux ultrasons.

Enfin, j'ai constaté que l'intensité appliquée sur le quartz et le temps d'exposition ont une grande importance. Si l'on se tient au-dessous du temps qui détermine la nécrose dont il vient d'être question, on obtient seulement un ralentissement de la croissance. Si l'on réduit de moitié l'intensité, on augmente de cinq à dix fois le temps nécessaire à la destruction des racines. Mais il faut aussi tenir compte de l'épaisseur de ces derniers organes. A l'intensité de 0,8 ampère, le temps mortel varie de 4 à 79 secondes selon les racines, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 20. En considérant qu'entre le diamètre des racines les plus minces et celui des racines les plus grosses, il n'existe qu'une différence de 1^{mm} environ, on saisit toute l'importance qui s'attache à cette mesure.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Les associations de Charophycées de l'Ouest et du Nord-Ouest de la France.* Note de M. **Robert Corillion**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les Charophycées constituent des synusies souvent bien individualisées à la strate inférieure des associations de Phanérogames aquatiques (Classes des *Potametea, Litorelletea, Phragmitetea*), mais elles forment entre elles plus fréquemment, dans les lacs, étangs, lagunes et jusque dans certaines étendues d'eau de faible importance, des peuplements purs plus ou moins étendus et caractérisés par une végétation très dense.

En se basant tant sur la constance de la composition floristique de cette

végétation que sur l'étude physico-chimique du milieu aquatique ambiant, il est possible de distinguer, au sein des prairies submergées à Charophycées, un certain nombre d'associations.

Rappelons toutefois préalablement que le terme de *Characetum* a été introduit jadis par Gadeceau (1909), pour désigner, d'une façon générale et sans discrimination, les prairies de Characées ainsi que les quelques Phanérogames qui peuvent, ici et là, les pénétrer.

Or, l'étude détaillée de ce *Characetum* révèle, en réalité, une hétérogénéité qui ne peut plus permettre de l'assimiler à une simple association, au même titre, par exemple, que le *Myriophylletum* ou le *Litorelletum* et qui rend nécessaire de le considérer plutôt comme un complexe d'associations pouvant, à leur tour, présenter des nuances et des faciès variés.

Parmi les associations de Charophycées qui, déjà, peuvent être reconnues avec certitude dans l'Ouest et le Nord-Ouest de la France, où se trouvent réunies les trois-quarts des Charophycées françaises ([1]), il y a lieu de distinguer surtout les associations de *Chara* et de *Nitella*, auxquelles nous réservons respectivement les dénominations de *Charetum* et de *Nitelletum*.

Les associations de Charophycées se caractérisent par leur pauvreté en espèces. Il y a, de plus, une extrême difficulté à faire appel, pour en entreprendre l'analyse, aux notations habituelles d'abondance-dominance et de sociabilité en usage en Phytosociologie.

Parmi les *associations du type Charetum*, nous retiendrons déjà : le *Charetum fragilis*, le *Charetum fragiferæ* et le *Charetum vulgaris*. Le *Charetum fragilis* a pour caractéristiques : *Chara fragilis* Desv., V (constance)-2 (importance), *Nittella translucens* Ag. V-2 et pour compagnes habituelles : *Nitella flexilis* (L.) Ag., IV-1, *Nitella syncarpa* (Thuill.) Kütz., III-0,5.

Le *Charetum fragilis* est très répandu dans le Nord-Ouest de la France où ses quatre espèces sont assez connues ou communes. On l'observe dans les eaux dystrophes (où il est souvent réduit aux deux premières espèces) et oligotrophes. Une variété rhéophile de l'association est parfois commune dans les eaux courantes de la péninsule bretonne (Finistère) avec *Chara fragilis* Desv. et *Nitella flexilis* (Thuill.) Kütz.

Le *Charetum fragiferæ* a pour caractéristique *Chara fragifera* Durieu, V-3 et *Chara aspera* Wild., IV-2. C'est une association du type atlantique par sa répartition. Elle fréquente les eaux surtout mésotrophes et s'observe sur les fonds sablonneux, à faible profondeur. Les deux espèces sont très étroitement entremêlées, car elles possèdent les mêmes exigences.

Le *Charetum vulgaris* est une association constante des sables calcarifères de la région maritime et des eaux eutrophes de l'intérieur, dont les caractéristiques

([1]) R. Corillion, *Bull. Soc. Sc. Bret.*, 21, 1946, p. 77-96.

sont : *Chara vulgaris* (L.) Wall., V-3, *Chara major* Vaillant III-2, *Tolypella glomerata* (Desv.) v. Leonh., III-1.

Les *associations du type Nitelletum* comprennent presque exclusivement des espèces du genre *Nitella*, auxquelles s'ajoutent parfois des espèces voisines comme *Nitellopsis stelligera* (Bauer) Hy, *Charopsis Braunii* Kütz.

Pour l'instant, une association de ce groupe a pu être définie : le *Nitelletum hyalinæ* avec, pour caractéristiques, *Nitella hyalina* (DC.) Ag., V-4 et *Charopsis Braunii* Kütz., II-1. Nous réservons, pour une étude plus approfondie, la composition de plusieurs autres associations du type *Nitelletum*.

Nous constatons qu'il existe un rapport très étroit entre le *milieu* et *l'association* chez les Charophycées. Les types *Charetum* et *Nitelletum* répondent, en effet, à une écologie bien différente. Le *Charetum fragilis* mis à part, le premier type correspond aux eaux surtout eutrophes. Quant aux associations du type *Nitelletum*, elles se rencontrent dans les eaux dystrophes ou oligotrophes.

La fragmentation en associations distinctes de l'ancien *Characetum*, dont on vient de donner un premier aperçu, doit conduire à l'assimiler à un ordre : les *Characetalia* (*Charophycetalia*), qu'il sera possible de subordonner, au moins provisoirement, à la classe des *Potametea* et de subdiviser ensuite en alliances.

Notons enfin que l'étude des associations à Charophycées semble devoir être entreprise surtout dans l'esprit qui préside à l'élaboration des associations d'Algues. Il faudra renoncer, semble-t-il, à faire entrer délibérément les Charophycées dans les associations de végétaux aquatiques supérieurs mais, au contraire, leur accorder une autonomie relative fondée principalement sur la distinction de strates de végétation aquatique, répondant à des conditions de milieu souvent très différentes. Nous rejoignons ici, du moins en ce qui concerne le milieu aquatique, les vues théoriques de l'école phytosociologique d'Uppsala.

ANTHROPOLOGIE. — *L'Homme fossile de Fontéchevade.*

Note (*) de M. **Henri V. Vallois**, présentée par M. Louis Fage.

M[lle] G. Henri-Martin a récemment découvert (1) à Fontéchevade (Charente), une calotte crânienne provenant d'un milieu à faune chaude et à industrie tayacienne. Le même niveau renfermait un petit fragment d'un autre crâne. Ce sont les plus anciens restes humains, stratigraphiquement bien datés, qui aient été recueillis jusqu'ici en France.

La calotte crânienne (*Homo* II) comprend la majeure partie des pariétaux avec les 2/3 supérieurs du frontal. De forme et de dimensions semblables à

(*) Séance du 7 février 1949.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 766.

celles des hommes actuels, elle a une épaisseur supérieure à celle de la plupart des Néanderthaliens, mais comparable à celle du crâne de Swanscombe. Contrairement à ce qu'on observe chez la presque totalité des hommes fossiles, celui de Piltdown excepté, la suture coronale y est complètement oblitérée. Pentagonale en *norma verticalis*, elle n'offre aucune trace du rétrécissement post-orbitaire caractéristique des Néanderthaliens. Sa largeur maximum, 145^{mm}, est presque identique à celle de Swanscombe (146^{mm}). Comme chez celui-ci, comme aussi à Piltdown et chez la grande majorité des Néanderthaliens, la largeur bi-astérique, 126^{mm}, est considérable, très supérieure à celle des hommes actuels.

Le bord supérieur du pariétal mesure 125^{mm}. Le bord inférieur ne devait guère en excéder 100. A l'opposé des Hommes du Néanderthal, mais comme à Swanscombe et chez l'*Homo sapiens*, l'os était donc plus développé en haut qu'en bas. L'indice de courbure sagitalle 92, indique une certaine platycéphalie. Le biseau destiné au temporal est beaucoup plus oblique de dedans en dehors que chez l'Homme actuel, où sa direction est presque verticale. Moins prononcée, cette obliquité se retrouve à Piltdown. Elle fait défaut sur les autres Hommes fossiles.

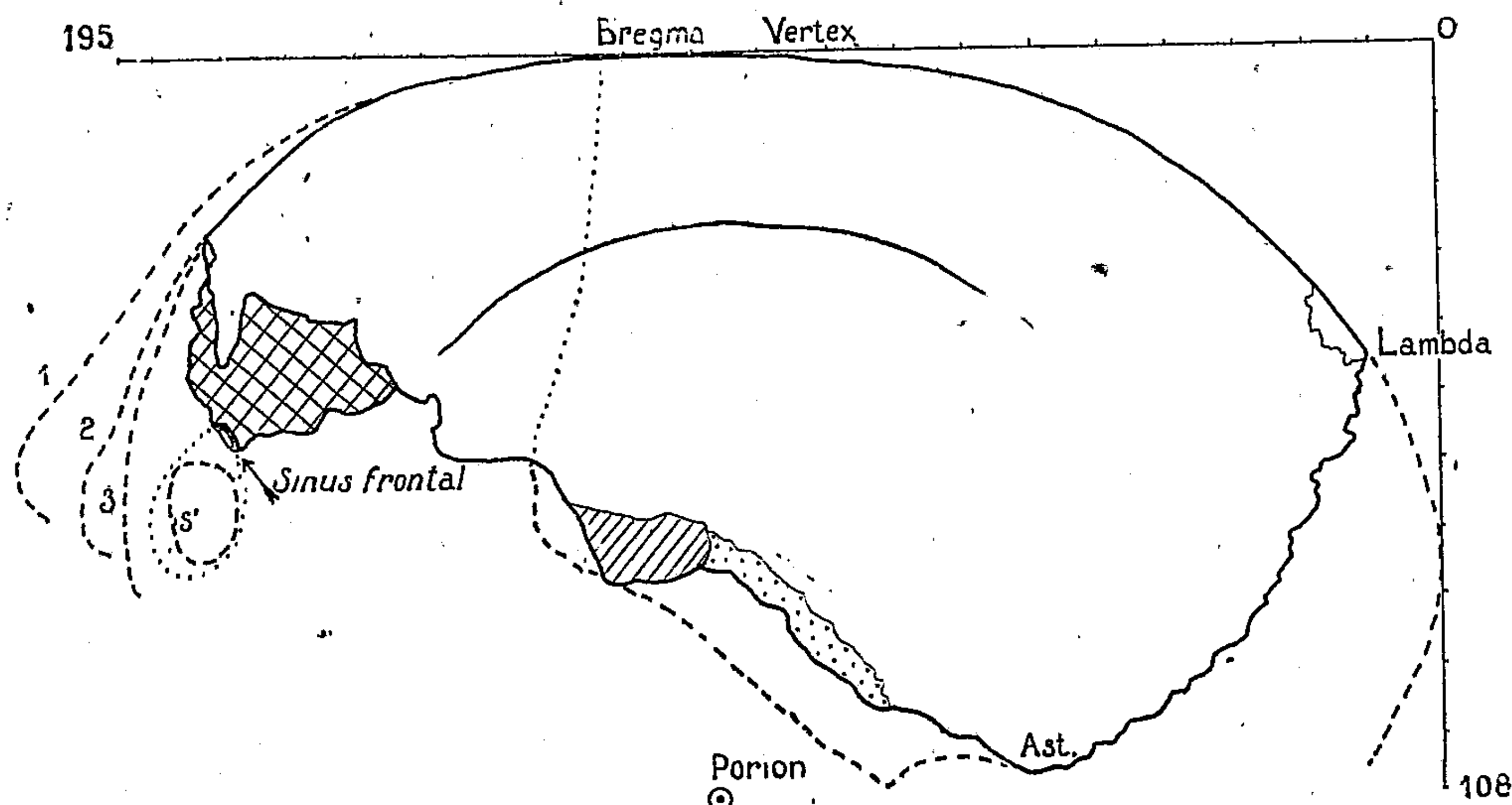
Les bosses pariétales sont à peines marquées; elles correspondent à la partie moyenne de l'os au lieu d'être rejetées en bas et en arrière comme chez les Hommes de Néanderthal. Les lignes temporales, très effacées, sont loin de la ligne médiane, ce qui laisse supposer que les muscles temporaux étaient peu développés en hauteur. Comme chez les Hommes primitifs, les trous pariétaux font défaut, alors que leur présence est la règle chez l'Homme actuel.

La partie présente du frontal mesure, sur la ligne médiane, 70^{mm}. Beaucoup plus courbée que sur les crânes néanderthaliens, elle laisse voir, sur sa surface de section, l'extrémité du sinus frontal droit. Même à ce niveau, aucune trace de visière n'apparaît.

Pour essayer de déterminer la forme de la partie manquante, j'ai reporté sur le profil médian du segment conservé, le profil des divers frontaux d'*H. Néanderthalensis* connus, les bregmas étant exactement superposés (*fig.*). Tous ces frontaux s'écartent rapidement de celui de Fontéchevade, et leur moitié inférieure (courbe 1) est tellement en avant de son sinus qu'il est évident que le segment détruit avait une direction beaucoup moins oblique. Même un frontal plus arrondi et à saillie sus-orbitaire réduite, comme celui de Cro-Magnon (courbe 2), est encore trop antérieur pour le sinus. La situation de celui-ci suppose un front très courbé et presque vertical en bas, comme chez les *H. sapiens* les plus évolués. Le frontal dit Piltdown II (courbe 3) répond tout à fait à ces conditions; il n'est pas jusqu'à son sinus (s') qui ne se place exactement à l'endroit où devait être celui de Fontéchevade.

Cet Homme tayacien avait donc un front du même type que le nôtre et dépourvu de la visière néanderthalienne. Cette importante constatation est

corroborée par l'étude du petit fragment de frontal (*Homo* I) trouvé à peu de distance de la calotte et qui, beaucoup plus mince, appartenait certainement à un autre sujet. Malgré l'existence d'un large sinus, il n'a aucune trace de visière et la glabelle est à peine accusée.



La reconstruction du front permet l'évaluation approximative de la longueur maximum, au moins 195^{mm}, d'où un indice de 78,9. En partant du fait que, chez les Hommes actuels ou fossiles, lorsque le crâne est orienté dans le plan *lambda-vertex*, l'astérien est à environ 5^{mm} (de 0 à 11) au-dessus du plan du porion, on peut estimer la hauteur auriculaire à 108^{mm}, ce qui donne des indices de hauteur de 55,3 et 70,1, très voisins de ceux proposés pour Swanscombe et Piltdown, et qui marquent un crâne remarquablement bas. Calculée avec la formule de Lee-Pearson, la capacité crânienne serait d'environ 1425$^{cm^3}$, valeur qui correspond à un cerveau de dimension moyenne.

Bien qu'antérieur aux Néanderthaliens de France, l'Homme de Fontéchevade est donc très différent de ceux-ci. Il n'est cependant pas identique à l'*Homo sapiens*, mais se rapproche de l'Homme de Swanscombe, et jusqu'à un certain point de celui de Piltdown. Il apporte la preuve, stratigraphiquement indiscutable, de l'existence, antérieurement au Wurmien, d'un phylum humain différent de celui qui aboutit à l'Homme de Néanderthal.

ENTOMOLOGIE. — *Le développement des neutres chez les Termites supérieurs* (Termitidæ) I.-Amitermitinæ *et* Microcerotermitinæ. Note de M. **Charles Noirot**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'origine des diverses castes, chez les Termites supérieurs est encore très mal connue; sans nous attacher pour l'instant au déterminisme du phénomène,

nous voulons essayer de retracer les étapes du développement des neutres dans les principales sous-familles de *Termitidæ*, sur des espèces observées en Côte-d'Ivoire.

Amitermitinæ. — Nos études portent sur *Amitermes evuncifer* Silv. En dehors de la période d'essaimage, la population de la termitière comprend deux grandes catégories d'individus; d'une part, le couvain, composé d'individus blancs peu actifs, groupés vers le centre du nid; d'autre part, les soldats et ouvriers, à téguments bien chitinisés, à abdomen noirâtre à cause du contenu intestinal vu par transparence.

A l'éclosion, tous les nouveau-nés sont *morphologiquement identiques*. La première mue fait apparaître, d'une part, des nymphes, montrant des ébauches alaires extrêmement courtes, et des larves du deuxième stade qui en sont dépourvues et possèdent une tête plus grosse. Les nymphes ont encore cinq mues à subir avant de se transformer en sexués imaginaux ailés. Les larves du deuxième stade produisent uniquement des ouvriers.

L'examen attentif permet de reconnaître à l'œil nu deux sortes d'ouvriers :

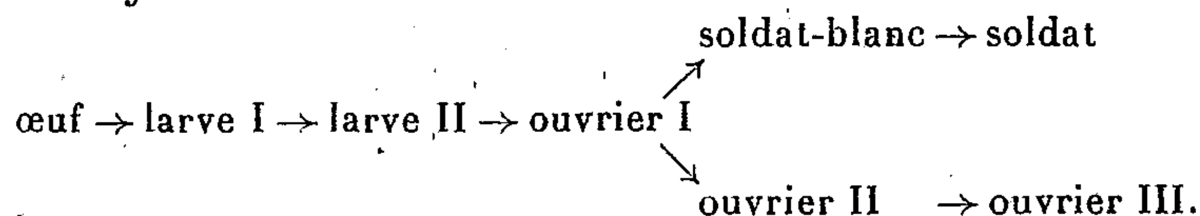
Des individus à tête blanchâtre, dont l'abdomen est relativement court et large, d'autres dont la chitine céphalique est jaunâtre et l'abdomen plus allongé. Les premiers sont issus de la mue des larves du deuxième stade. Ils peuvent muer à leur tour pour donner soit les soldats-blancs (qui se transforment ensuite en soldats), soit des ouvriers pigmentés.

Les ouvriers pigmentés correspondent en réalité à deux stades successifs; en effet, des élevages composés uniquement de ces individus ne tardent pas à montrer des stades de mue d'où sortent des Insectes, en apparence, semblables aux autres.

L'existence des trois stades d'ouvriers est confirmée par l'analyse biométrique : les courbes de fréquence de la largeur du pronotum et de la longueur du tibia postérieur montrent trois sommets; en outre, les antennes passent de treize articles (avec ébauche du quatorzième) à quatorze, puis à quinze.

Les ouvriers du troisième stade ne nous paraissent plus susceptibles de subir de mue : ils seraient définitivement stabilisés.

Nous pouvons donc schématiser ainsi le développement des neutres chez *Amitermes evuncifer*.



Nous essayerons ultérieurement de savoir si n'importe quel ouvrier du premier stade peut donner un soldat, ou si le moment de la formation de celui-ci doit être recherché à un stade plus précoce.

Microcerotermitinæ. — Le schéma du développement se complique par le

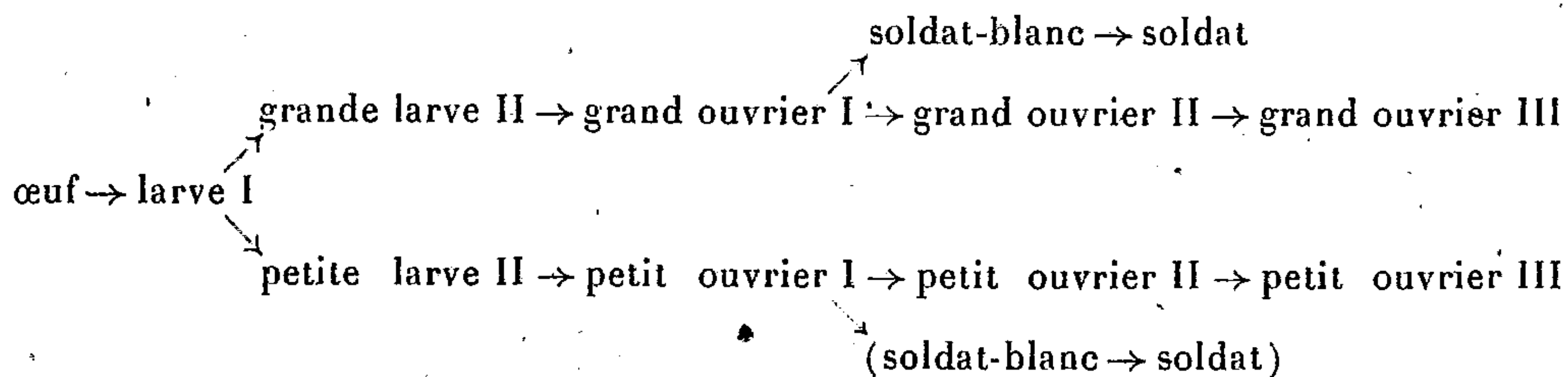
fait que les larves du premier stade produisent en muant, outre les nymphes, deux sortes de larves du second stade, de tailles légèrement différentes : les petites sont à l'origine des petits ouvriers; les grandes produisent les grands ouvriers.

Comme chez *Amitermes*, chacune de ces deux lignées comporte trois stades successifs séparés par deux mues. Il existe donc six catégories d'ouvriers.

Chez des espèces telles que *Microcerotermes fuscotibialis* Sjöst [1], les trois stades diffèrent par leur pigmentation, aussi bien chez les grands que chez les petits ouvriers. Dans d'autres (*M. parvus* Hav.) [1], c'est la méthode biométrique qui permet de les distinguer.

Les soldats dérivent des grands ouvriers du premier stade. Normalement les petits ouvriers n'en produisent pas; mais dans des élevages (*M. parvus*) formés uniquement de ceux-ci, nous avons vu pourtant apparaître des soldats de taille anormalement petite. En outre, les colonies naturelles montrent parfois de rares soldats de petite taille, qui doivent avoir pour origine de petits ouvriers.

Le développement des neutres de *Microcerotermes* peut donc être schématisé ainsi :



La seule différence avec les *Amitermitinæ* réside en la division précoce des neutres en deux lignées différant par la taille.

BIOPHYSIQUE. — *Dispositif expérimental pour l'étude de la diffusion de la lumière.* Note (*) de M. **Jacques Tonnelat** et Mlle **Sylvanie Guinand**, présentée par M. Jean Cabannes.

La poursuite de l'étude de la diffusion de la lumière par les solutions de grosses molécules [1] nous a amenés à réaliser un appareil qui permet de mesurer l'intensité et le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée suivant une direction d'observation variable de 20° à 160°. La lumière incidente peut être naturelle ou polarisée.

Pour la mesure des intensités nous utilisons maintenant une cellule photo-

---

(1) Les deux espèces étudiées ne correspondent pas exactement aux descriptions classiques; leur détermination est donc donnée avec réserve.

(*) Séance du 7 février 1949.

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1529; **225**, 1947, p. 1029.

électrique, automultiplicatrice, qui permet des mesures plus rapides et plus précises que l'œil.

Afin de nous affranchir des variations d'intensité de la source, nous comparons la lumière diffusée à une fraction du faisceau incident. On fait tomber sur une même cellule, pour obvier à tout défaut de proportionnalité ou de fidélité, alternativement le faisceau de lumière diffusée et le faisceau de comparaison; ce dernier traverse un coin optique de densité variable préalablement étalonné. La différence de potentiel aux bornes de la cellule est appliquée par l'intermédiaire d'un amplificateur aux bornes d'un oscilloscope cathodique. On ajuste le coin de façon que les déviations dues aux deux faisceaux se superposent exactement. La figure 1 montre le schéma du montage. La source

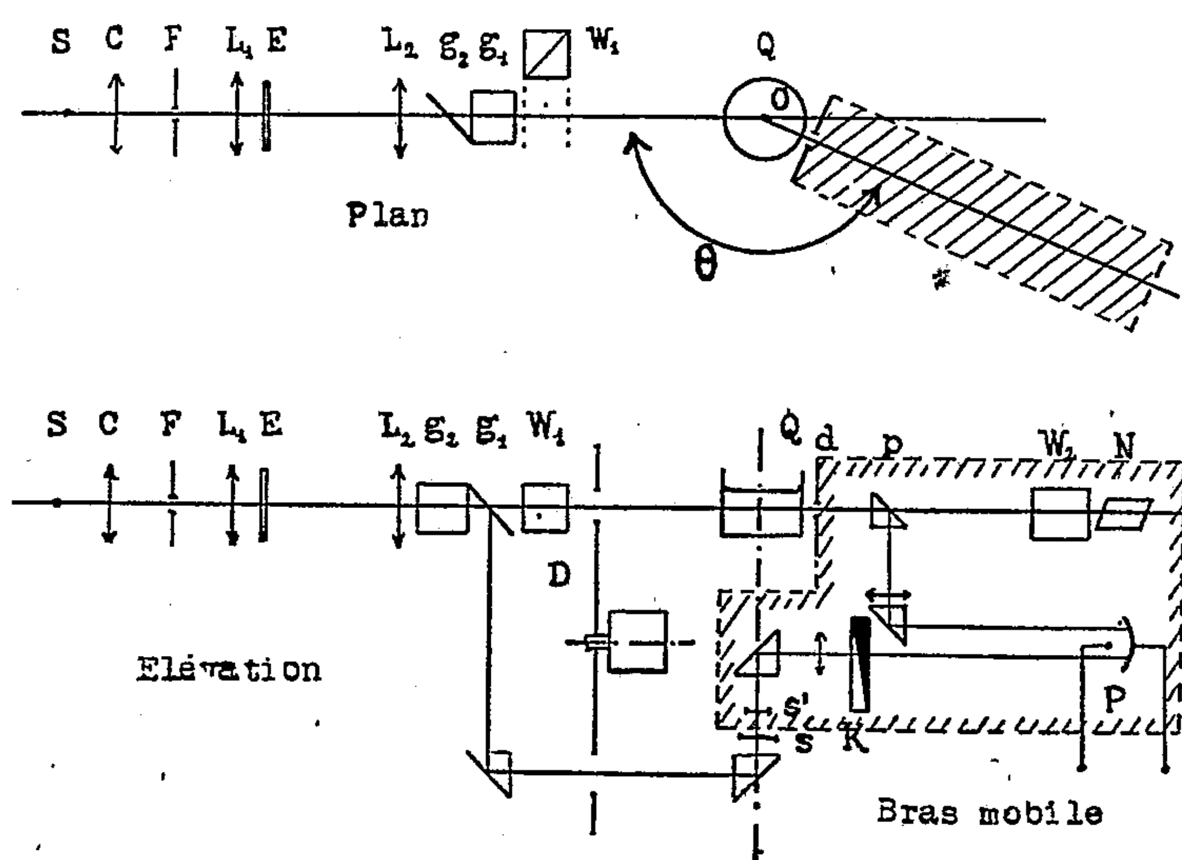


Fig. 1.

I. — Dispositif d'éclairage : S, source lumineuse; C, condenseur; F, fente; L_1, L_2, lentilles donnant un faisceau légèrement convergent ($f/18$) en O; E, filtre coloré; g_1, glace sans tain inclinée à 45° réfléchissant une partie du faisceau incident pour constituer le faisceau de comparaison (la polarisation introduite par l'incidence oblique est corrigée par une deuxième glace g_2 orientée à 90° de la première); W_1, wollaston amovible permettant d'opérer en lumière polarisée (lorsqu'il est effacé il est remplacé par un cube de verre afin que le chemin optique reste constant); D, disque percé de fenêtres (entraîné par un moteur synchrone, il masque alternativement le faisceau incident et le faisceau de comparaison); Q, cuve contenant la solution à étudier.

II. — Dispositif d'observation de la lumière diffusée, mobile autour d'un axe vertical passant par le centre de la cuve : *d*, diaphragme délimitant le faisceau diffusé observé; W_2 et N, wollaston et nicol pour la mesure du facteur de dépolarisation par la méthode de Cornu; *p*, prisme amovible permettant de passer de l'étude de la dépolarisation à celle de l'intensité; P, cellule photoélectrique.

III. — Faisceau de comparaison : *s*, verre dépoli fixe recevant la fraction du faisceau incident réfléchit par g_1; *s'*, verre dépoli, centré sur l'axe, solidaire du bras mobile (il reçoit la lumière provenane de *s* et constitue une source de comparaison qui est constante pour toutes les directions d'observation); K, coin optique.

lumineuse utilisée est une lampe à vapeur de mercure à haute pression « Philora SP 500 », qui donne des raies très intenses par rapport au fond

continu. Un jeu d'écrans permet alors d'opérer en lumière pratiquement monochromatique.

Les solutions à étudier sont contenues dans une petite cuve de verre cylindrique de 5^{cm} de diamètre dont la surface extérieure est polie optiquement. Les réflexions parasites peuvent entraîner des erreurs très notables. Afin de les éliminer nous avons disposé à l'intérieur une demi-lentille plan-concave et un anneau lenticulaire plan-convexe en verre noir qui constituent une sorte de piège semi-circulaire où vient se perdre la lumière non absorbée. On obtient ainsi un fond parfaitement noir, pour toutes les valeurs de l'angle d'observation (*fig.* 2).

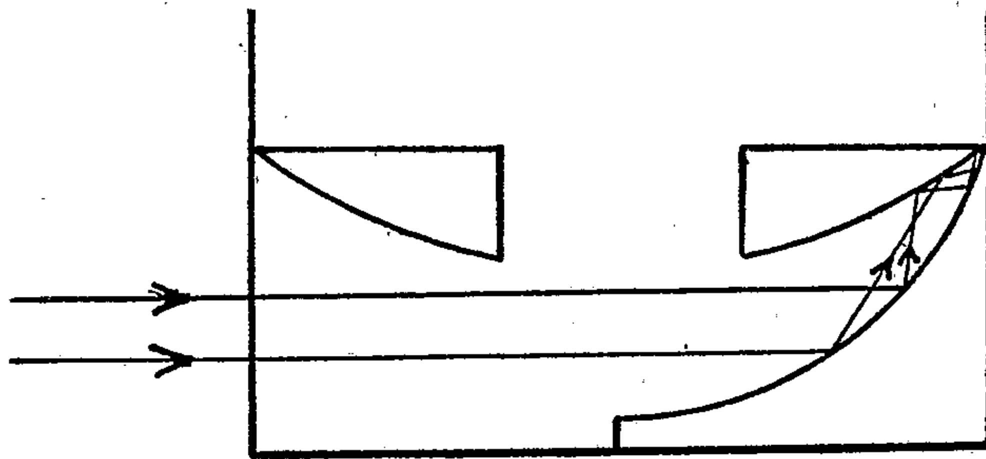


Fig. 2.

Cet appareil nous a permis de mesurer des intensités très faibles et par suite d'étudier des solutions très diluées de l'ordre de quelques γ par centimètre cube.

Plusieurs séries de mesures (diagramme de diffusion et courbe de dépolarisation en fonction de l'angle d'observation θ) ont été effectuées sur diverses solutions et notamment sur des solutions de virus de la pneumopathie du Cobaye et de la mosaïque du Tabac.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une remarquable réaction colorée de l'Ergostérol décrite par Charles Tanret.* Note de M. **Charles Dhéré**, présentée par M. Maurice Javillier.

Tanret a observé en 1889 que, quand l'ergostérol est dissous dans l'acide sulfurique concentré (à 96 % au moins), l'agitation immédiate de cette solution, colorée en rouge orangé, avec du chloroforme laisse ce dernier incolore (¹) (Réaction de Salkowski inverse de celle fournie par le cholestérol). Reprenant cette étude en 1908 (²), Tanret constata que, si l'on procède

(¹) *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 98.
(²) *Ann. de Chimie et de Physique*, 8ᵉ série, 15, 1908, p. 324.

au contraire en ajoutant l'acide sulfurique (pour peu qu'il soit moins concentré) à une solution chloroformique d'ergostérol, la réaction devient tout autre : le chloroforme se colore, dit-il, en rouge violet, la coloration étant maxima avec de l'acide à 86 % (D = 1,80 environ). Il était indispensable de rappeler ces faits avant de parler d'une autre réaction bien différente, que nous désignerons en l'appelant *Réaction de Tanret,* que nous avons spécialement étudiée. Cette réaction conduit à l'obtention d'une liqueur chloroformique assez stable d'un *beau bleu indigo*; elle résulte de l'addition progressive d'une quantité suffisante d'eau dans le tube contenant la liqueur chloroformique traitée par l'acide sulfurique. Cette curieuse réaction indiquée par Tanret en 1890 (³) ne semble pas avoir été examinée par la suite. Tanret avait dit que la quantité de matière colorante bleue que prendra le chloroforme sera d'autant plus grande que l'acide aura été plus étendu : façon de parler qui, évidemment, devait être précisée.

Après divers essais confirmant les résultats publiés par Tanret, nous avons adopté le mode opératoire suivant : On utilisé une solution d'ergostérol dans le chloroforme (pour analyse) à $0^{g},2$ pur 100^{cm^3}; à 3^{cm^3}, on ajoute immédiatement (en agitant à peine) un volume presque égal d'acide sulfurique à 96 %. Une ou deux heures après, on introduit dans le tube (diamètre moyen) 5 gouttes d'eau distillée, puis de nouveau bientôt deux fois 5 gouttes, en transvasant chaque fois; enfin, après une heure ou deux, encore dix gouttes en agitant très modérément (⁴). La liqueur chloroformique devient alors plus ou moins bleuâtre : elle devient franchement bleue quelques heures plus tard (durée variable suivant la température et le degré d'agitation. Observer les tubes pendant plusieurs jours). Nous avons pu ainsi obtenir des liqueurs chloroformiques très foncées, dont l'intensité de couleur surpassait de beaucoup celle de l'acide sulfurique sous-jacent : résultats bien supérieurs, à ce point de vue, à ceux de Tanret. Ajoutons que cette liqueur bleue reste plusieurs jours (parfois plus d'une semaine) sans changement important. La liqueur bleue présente un *beau spectre d'absorption à trois bandes* : l'axe de la 1re aux environs de λ $650^{m\mu}$; celui de la 2e sur λ $572^{m\mu}$; celui de la 3e sur λ $488^{m\mu}$, avec bonne transparence dans le violet. La bande dans le rouge, apparue la première, pâlit peu à peu; et, à la longue, ces bandes se déplacent un peu vers l'ultraviolet. Au début de la réaction, le chloroforme présente une fluorescence appréciable, d'un vert assez sombre (⁵); plus tard, quand la liqueur est

(³) *Ann. de Chimie et de Physique*, 6e série, **20**, 1890, p. 296.

(⁴) Éviter au début tout échauffement. A la fin compenser largement le volume de chloroforme évaporé. Il ne nous a pas paru avantageux d'introduire plus de $1^{cm^3},5$ d'eau pour 3^{cm^3} d'acide sulfurique.

(⁵) Fluorescence verte beaucoup moins vive qu'avec l'ergostérol dissous simplement dans le sulfate diméthylique (*cf.* CH. DHÉRÉ et L. LASZT, *Comptes rendus*, **142**, 1948, p. 17).

franchement bleue, il n'y a qu'une faible fluorescence d'un rouge sombre, soit au soleil soit à la lumière monochromatique de λ 5461 Å. Notons encore que la couche sulfurique orangée possède, même à la fin de la dilution, une fluorescence verte bien nette.

Dans la *Réaction de Tanret* interviennent l'hydratation et probablement l'oxydation. Il y a lieu de se demander s'il peut en être ainsi dans une autre réaction (présentant quelques analogies, par ailleurs) que nous allons décrire; réaction, il est vrai, d'une exécution très délicate, qui ne réussit bien qu'en se conformant strictement aux indications suivantes : Utiliser une solution chloroformique d'ergostérol deux ou trois fois plus concentrée. Pour éviter un mélange avec le chloroforme, introduire l'acide sulfurique ($D = 1,84$) en le faisant glisser lentement sur la paroi inférieure du tube fortement incliné. Quelques instants plus tard, le chloroforme présentera une légère coloration d'un bleu plus ou moins verdâtre, évoluant au bout de quelques heures (ne pas agiter) vers le vert, puis le violet (couches profondes). Sous une épaisseur suffisante, la liqueur bleue montre d'abord seulement une forte bande d'absorption dans le rouge (axe $= \gamma$ 651$^{m\mu}$); par la suite, apparaissent des bandes dans le vert et le bleu [6].

Revenant enfin à la *Réaction de Tanret*, nous ferons remarquer que les résultats obtenus par cet auteur en 1890 (les seuls publiés) avaient été fournis par un échantillon d'ergostérol contenant une quantité notable de fongistérol. On pouvait donc supposer que la réaction était due à ce dernier stérol, d'autant plus que Tanret n'avait parlé que d'une assez faible coloration bleue. Nos recherches exécutées avec de l'ergostérol d'une pureté parfaite [7] prouvent qu'il s'agit d'une réaction colorée intense appartenant en propre à l'ergostérol.

CYTOCHIMIE COMPARÉE. — *L'acide chlorhydrique, succédané de la ribonucléase dans la localisation de l'acide ribonucléique chez les cellules des êtres supérieurs aussi bien que chez les bactéries; aspect histologique de la question.* Note [*] de Mme **Colette Vendrely-Randavel**, transmise par M. André Boivin.

La méthode empirique à l'acide chlorhydrique et au Giemsa de Piekarski-Robinow [1] permet de mettre en évidence le noyau des bactéries, et il a été montré par R. Vendrely et Mlle J. Lipardy [2] que son succès dépend du fait

(6) L'apparition (exceptionnelle) d'une bande supplémentaire dans le rouge orangé est l'indice d'une déviation de la réaction.

(7) Échantillon que nous a offert M. le Professeur L. Velluz : cristaux tout à fait blancs conservés dans une ampoule scellée où avait été fait le vide. Emploi immédiat du produit après l'ouverture du tube. L'acide sulfurique ($D = 1,84$) était rigoureusement exempt d'acide nitrique (qualité pour analyse).

(*) Séance du 7 février 1949.

(1) *Proc. Roy. Soc. London*, B, **130**, 1942, p. 299.

(2) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 342.

que l'acide élimine rapidement l'acide ribonucléique du cytoplasme sans guère toucher à l'acide désoxyribonucléique du noyau des bactéries; chez ces microorganismes, l'action de l'acide se trouve ainsi équivaloir à celle de la ribonucléase, comme l'ont prouvé R. Tulasne et R. Vendrely ([3]).

Nous nous sommes demandé s'il en va bien de même dans le cas des cellules des êtres supérieurs et avons expérimenté comme suit. Des organes de souris : pancréas, foie, rein, intestin et glandes salivaires ont été fixés au Helly (Zenker-formol), puis débités en coupes de 2^{μ} d'épaisseur. Des coupes, servant de témoin, ont été colorées directement, les unes au vert de méthylepyronine de Unna, d'autres au bleu de toluidine et d'autres encore à l'hématoxyline ferrique de Heidenhain. D'autres coupes ont été soumises à l'action de la ribonucléase avant de subir les mêmes colorations. D'autres coupes, enfin, ont été traitées par l'acide chlorhydrique normal pendant 10 minutes à 60° (Piekarski-Robinow), avant d'être colorées par les trois méthodes.

Tout aussi bien que la ribonucléase, l'acide chlorhydrique élimine l'acide ribonucléique du cytoplasme en laissant en place l'acide désoxyribonucléique de de la chromatine nucléaire, ainsi qu'en fait foi la coloration au vert méthylepyronine. Il apparaît donc que chez les cellules des êtres supérieurs comme chez les bactéries, l'effet de la ribonucléase peut être imité par celui de l'acide chlorhydrique. Cela apporte un nouvel argument à l'appui de l'homologation, défendue par Boivin et ses collaborateurs, de la structure cytologique des bactéries à la structure générale des cellules des êtres supérieurs. Mais, chemin faisant, il nous a été donné de faire des constatations d'un autre ordre, qui nous paraissent de quelque signification.

Sous l'effet de l'acide chlorhydrique et aussi bien sous l'effet de la ribonucléase, on voit disparaître la basophilie de fond du cytoplasme due aux microsomes de Claude, riches en acide ribonucléique : le fond du cytoplasme cesse de fixer la pyronine, le bleu de toluidine et l'hématoxyline et la chose est particulièrement nette dans le cas du pancréas, au cytoplasme bourré de microsomes. Mais chose intéressante, les mitochondries se comportent autrement. On sait qu'il a été démontré, sur des mitochondries isolées, qu'elles renferment de l'acide ribonucléique (École de Claude). Après action de l'acide ou de l'enzyme, le chondriome garde intacte la capacité de se colorer énergiquement par l'hématoxyline au fer ([4]), alors qu'il se trouve privé de son pouvoir de fixer la pyronine et le bleu de toluidine. C'est dire que quelque squelette protéique des mitochondries doit persister après l'élimination de l'acide ribonucléique (et des lipides enlevés du fait des manipulations histologiques),

([3]) *Nature*, 160, 1947, p. 215 et *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 674; voir aussi *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 703.

([4]) Nous avons déjà signalé ce fait, en ce qui concerne la ribonucléase; voir, à ce sujet, notre Note antérieure : *Comptes rendus*, 225, 1948, p. 1107.

qui reste capable de se colorer par l'hématoxyline alors que rien de tel ne paraît se produire pour les microsomes. Nous nous proposons de reprendre la question, en opérant cette fois sur des microsomes et sur des mitochondries isolés selon les techniques de l'École de Claude. Ajoutons que l'hématoxyline au fer, agissant après l'acide chlorhydrique, permet de voir magnifiquement les mitochondries des organes comme le pancréas, chez lesquels le chondriome est normalement difficilement visible du fait de l'intense basophilie de fond due aux microsomes. Il y a là un artifice de technique qui peut avoir son intérêt.

Après action de l'acide ou de la ribonucléase, le nucléole garde également la propriété de se colorer par l'hématoxyline ferrique, s'il perd le pouvoir de se colorer par la pyronine et par le bleu de toluidine. Bien entendu, dans les mêmes conditions, la chromatine conserve la capacité de fixer le vert de méthyle, le bleu de toluidine et l'hématoxyline ferrique. Si maintenant, après effet de l'acide chlorhydrique ou de la ribonucléase, on intervient avec la dèsoxyribonucléase, aucune fixation de vert de méthyle-pyronine ou de bleu de toluidine ne se produit plus, alors que les mitochondries et que le nucléole, mais non plus la chromatine, demeurent intensément colorables par l'hématoxyline ferrique. Tout cela traduit certainement l'existence de squelettes protéiques aux propriétés différentes dans ces divers organites.

Nos résultats, obtenus grâce à des techniques purement histochimiques, se trouvent recoupés par les recherches strictement chimiques poursuivies parallèlement par M. Pouyet, et qui font l'objet de la Note suivante ([5]).

CYTOCHIMIE COMPARÉE. — *L'acide chlorhydrique, succédané de la ribonucléase, dans l'élimination spécifique de l'acide ribonucléique chez les cellules des êtres supérieurs aussi bien que chez les bactéries; aspect chimique de la question.* Note (*) de M. **Jean Pouyet** ([1]), transmise par M. André Boivin.

Dans la Note qui précède immédiatement celle-ci ([2]), Mme C. Vendrely a montré qu'en chauffant pendant 10 minutes à 60°, dans l'acide chlorhydrique normal, les coupes des tissus animaux, on en élimine totalement l'acide ribonucléique sans toucher à l'acide désoxyribonucléique, exactement comme cela se produit chez les bactéries (méthode de Piekarski-Robinow) ([3]). Les deux acides nucléiques ont été caractérisés par voie histochimique. Nous nous sommes

([5]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 608.

(*) Séance du 7 février 1949.

([1]) Avec l'assistance technique de Mlle A. Knobloch.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 606.

([3]) R. J. Dubos, *The bacterial Cell.* (1 vol., Harvard, Univ. Press., 1945); Addendun par C. F. Robinow.

proposé de reprendre la question, non plus sur des coupes, mais sur des tissus en masse, préalablement fixés, et de caractériser les deux acides nucléiques par voie chimique. Nos expériences ont porté sur le pancréas et le thymus de veau finement hachés, le premier organe étant beaucoup plus riche en acide ribonucléique qu'en acide désoxyribonucléique et le second offrant une situation inverse. Voici, brièvement résumées, les techniques que nous avons suivies et les résultats que nous avons obtenus.

Une partie aliquote de chaque organe haché a été analysée selon la méthode de Schneider, modifiée par R. Vendrely [4] et qui comporte les temps suivants :

1° Extraction de l'acido-soluble (nucléotides, nucléosides, purines et pyrimidines libres) par l'acide trichloracétique froid, et son rejet.

2° Extraction, par l'acide trichloracétique chaud, du bloc des deux acides nucléiques, au prix d'une hydrolyse partielle de ces corps qui est sans inconvénient, étant données les techniques analytiques mises ensuite en œuvre.

3° Dosage, dans l'extrait obtenu à chaud, de la somme de deux acides nucléiques par les purines [5] (après hydrolyse chlorhydrique prolongée), de l'acide désoxyribonucléique par la méthode de Dische [6] à la diphénylamine et de l'acide ribonucléique par la méthode de H. von Euler [7] à la phloroglucine.

Une autre partie aliquote de chaque organe haché a été fixée au formol (dilution au 1/4 de la solution commerciale neutralisée) agissant à la température ordinaire pendant 24 heures. Un lavage à l'eau, par centrifugation, a suivi. L'expérience a montré que ce traitement élimine l'acido-soluble de façon aussi complète que peut le faire l'acide trichloracétique froid. Les organes ont ensuite été soumis à l'action de l'acide chlorhydrique normal, pendant 10 minutes à 60°, puis lavés à l'acide chlorhydrique normal froid, par centrifugation. L'extrait chlorhydrique a été écarté. Finalement, on a procédé à l'extraction, par l'acide trichloracétique chaud, des acides nucléiques demeurés dans les organes après traitement chlorhydrique, puis dosé séparément l'acide désoxyribonucléique selon Dische et l'acide ribonucléique selon von Euler. Le dosage des purines, dans l'extrait trichloracétique chaud des organes préalablement soumis à l'action de l'acide chlorhydrique, ne permet plus une évaluation exacte du bloc de deux acides nucléiques présents dans cet extrait : la raison en est que l'acide chlorhydrique chaud détache déjà et entraîne une partie des purines de la fraction des acides nucléiques qui ne se trouve pas libérée par l'acide minéral et qui demeure *in situ* dans les organes, jusqu'à ce que le traitement par l'acide trichloracétique chaud vienne l'enlever.

---

(4) *Experientia*, 4, 1948, p. 434.

(5) R. Vendrely et R. Sarciron, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 214.

(6) *Mikrochemie*, 8, 1930, p. 44.

(7) H. von Euler et C. Hahm, *Loensh. Kem, Tidskr.*, 58, 1946, p. 251.

L'échantillon de pancréas sur lequel nous avons travaillé renfermait 0,98 % de son poids sec d'acide désoxyribonucléique et 6,72 % d'acide ribonucléique. Le traitement chlorhydrique a laissé dans l'organe 0,96 % d'acide désoxyribonucléique et 2,10 % seulement d'acide ribonucléique.

L'échantillon de thymus contenait 11,87 % d'acide désoxyribonucléique et 2,69 % d'acide ribonucléique. Le traitement chlorhydrique n'a pratiquement rien éliminé du premier, mais a fait disparaître plus de 90 % du second. Nous avons vérifié que l'acide ribonucléique manquant après action de l'acide chlorhydrique se retrouve bien dans l'extrait chlorhydrique correspondant, tant pour le pancréas que pour le thymus.

Ainsi, l'acide chlorhydrique, employé dans les conditions de Piekarski-Robinow, laisse en place, dans les organes animaux, la totalité de l'acide désoxyribonucléique, mais en élimine la majeure partie de l'acide ribonucléique. Il peut sembler, sur ce dernier point, y avoir désaccord avec les conclusions de Mme C. Vendrely, qui sur la foi de ses examens histochimiques affirme la totale élimination de l'acide ribonucléique par l'acide chlorhydrique. Mais le désaccord est plus apparent que réel. Mme C. Vendrely a travaillé sur des coupes de 2μ d'épaisseur, offrant des conditions extrêmement favorables à une élimination immédiate de l'acide ribonucléique libéré par le bref traitement à l'acide chlorhydrique, alors que nous avons opéré sur des tissus hachés, se prêtant beaucoup moins bien à un aussi rapide enlèvement du même acide. En conséquence, nous pensons avoir le droit de conclure que les résultats de nos essais chimiques sur des tissus en masse confirment absolument les résultats histochimiques sur coupes et que l'acide chlorhydrique, employé dans les conditions de Piekarski-Robinow, permet d'éliminer spécifiquement l'acide ribonucléique des tissus animaux, sans toucher à leur acide désoxyribonucléique.

MICROBIOLOGIE. — *Effet immunisant du virus aphteux irradié seul et combiné avec l'hydroxyde d'aluminium.* Note (*) de MM. **Sven Schmidt**, **Albert Hansen** et **Paul Holm**, transmise par M. Gaston Ramon.

En 1936, deux d'entre nous (S. Schmidt et A. Hansen) (¹) ont démontré que le pouvoir immunisant du virus aphteux rendu avirulent par traitement au formol peut être stimulé par adsorption sur l'hydroxyde d'aluminium et que l'immunité ainsi obtenue a une très longue durée, comparée avec celle du virus formolé simple qui est éphémère (Gibbs 1931) (²). C'est là précisément le principe scientifique du vaccin Schmidt-Waldmann.

Nous avons cru intéressant de rechercher comment se comporte à cet égard un virus irradié (³).

(*) Séance du 7 février 1949.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 1239.

(²) *Fourth Prog. Rep. Foot et Mouth Dis. Res. Comm.*, 4, 1931, p. 155.

(³) Voir *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1425 et 228, 1949, p. 281.

28$^{cm^3}$ de lymphe active du Cobaye (titre 1. p. 10 millions) ont été dilués dans 92$^{cm^3}$,2 d'eau distillée contenant m/500 de tampon phosphaté à pH 7,6. La durée de l'irradiation a été de 197 secondes, ce qui était juste nécessaire pour obtenir un produit non infectieux. 25$^{cm^3}$ ont été dilués avec le même volume d'eau physiologique (vaccin I); d'autre part, 25$^{cm^3}$ ont été dilués avec un volume correspondant d'hydroxyde d'aluminium (vaccin II), de sorte que les deux portions contiennent chacun 1,4 % d'anavirus.

Une partie des deux liquides a été diluée ultérieurement avec de l'eau physiologique dans la proportion de 1 pour 10 (vaccins III et IV), ce qui donne deux mélanges renfermant chacun 0,14 % d'antigène; le dernier contient en outre 5 % d'hydroxyde d'aluminium.

Quatre lots de 24 cobayes chacun sont injectés respectivement par voie souscutanée avec 1$^{cm^3}$ des quatre vaccins différents.

Après 5, 10, 20 et 40 jours, six cobayes de chaque lot ainsi que six cobayes neufs reçoivent dans le coussinet plantaire 10000 doses infectantes de virus aphteux. Tous les animaux témoins font promptement une fièvre aphteuse généralisée. Les autres réagissent comme le montre le schéma suivant :

Intervalle entre la vaccination et l'épreuve de l'immunité.	Résultats de l'épreuve de l'immunité			
	vaccin I.	vaccin II.	vaccin III.	vaccin IV.
5 jours.....	− − − − − −	− − − − − −	− + + + + +	− − − − − −
10 »	− − − − − +	− − − − − −	+ + + + + +	− − − − − +
20 »	− − − − − +	− − − − − −	+ + + + + +	− − + + + +
40 »	− − + + + +	− − − − (+) +	+ + + + + +	− (+) + + + +

− signifie que l'animal est immun.
\+ signifie que l'animal a été atteint de fièvre aphteuse généralisée.
(+) » » » très bénigne.

L'effet de l'hydroxyde est significatif; le vaccin III qui contient 0,14 % d'antigène sans hydroxyde est presque dépourvu de pouvoir immunisant; le vaccin IV qui renferme la même quantité d'antigène et, en outre, 5 % d'hydroxyde possède une activité relativement grande, mais l'immunité produite n'est pas de très longue durée; cela est sans doute dû à ce que le contenu en hydroxyde est ici bien faible, seulement un dixième de celui des vaccins utilisés en pratique.

Conclusion. — Le virus aphteux rendu non infectieux par l'irradiation au moyen des ondes ultraviolettes ultracourtes possède des propriétés immunisantes remarquables. Son pouvoir antigénique peut être stimulé notablement par addition d'hydroxyde d'aluminium et (comme c'est le cas pour le virus formolé), l'immunité ainsi obtenue est de plus longue durée.

La séance est levée à 15h55m. L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 3 janvier 1949.)

Note présentée le 20 décembre 1948, de M. *Henri Guérin*, Mme *Marthe* et M. *Jacques Bastick* et M. *Jean Adam-Gironne*, Sur la chaleur de combustion du sulfure de carbone :

Page 89, ligne 11, *au lieu de*
C graphite + $2\,S_{rh} = CS_2$ gaz + 27,7 kcal., *lire* C graphite + $2\,S_{rh} = CS_2$ gaz — 27,7 kcal.

(*Comptes rendus* du 24 janvier 1949.)

Note présentée le 10 janvier 1949, de M. *Adolphe Pacault* et Mlle *Simone Carpentier*, Déshydrogénation du cyclohexane en benzène, à froid, par action diastasique :

Page 344, ligne 2 du titre, *au lieu de* Mme Simone Carpentier, *lire* Mlle Simone Carpentier.

(*Comptes rendus* du 31 janvier 1949.)

Note présentée le même jour, de Mme *Jeanne Raynaud* et M. *Pierre Rebeyrotte*, Différence de l'activité amylasique de la salive des souris mâles et des souris femelles; son conditionnement hormonal :

Page 434, première ligne du Tableau I, *au lieu de* Quantité de glucose (mg), *lire* Quantité de glucose (γ).

Page 435, première ligne du Tableau II, *au lieu de* Quantité de glucose, *lire* Quantité de glucose (γ).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 FÉVRIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rayon de convergence de la série de Lagrange.* Note de M. **JEAN CHAZY**.

L'équation

(1) $$z = a + \alpha f(z),$$

où $f(z)$ désigne une fonction holomorphe au point a, admet une solution qui s'annule avec le paramètre α, et dont le développement suivant les puissances entières de α est la série de Lagrange. Si cette solution, prolongée analytiquement dans le plan de la variable α, soit $z(\alpha)$, satisfait en un point à l'équation dérivée de l'équation (1) par rapport à z variant seul

(2) $$1 = \alpha f'(z),$$

ce point est un point critique algébrique de la fonction $z(\alpha)$, et par suite le rayon de convergence de la série de Lagrange ne peut dépasser la valeur $|\alpha|$ correspondante.

Réciproquement *le rayon de convergence de la série de Lagrange déterminé par le raisonnement classique* (1) *de Rouché, correspond à un point critique au moins de l'espèce précédente, et par suite ce rayon est le rayon de convergence effectif de la série, qui ne peut être augmenté.* La proposition a été énoncée et démontrée par Rouché : je voudrais en donner ici une démonstration un peu différente.

Selon le raisonnement de Rouché, la série de Lagrange est convergente, pourvu que la fonction $f(z)$ soit holomorphe dans un cercle C de centre a et sur ce cercle, et qu'on ait sur le cercle C l'inégalité

$$\left|\frac{\alpha f(z)}{z - a}\right| < 1.$$

(1) *Journal de l'École Polytechnique*, 39e cahier, 1862, p. 193-224; *voir* aussi HERMITE, *Cours polycopié*, 4e éd., 1882, p. 182-186; TISSERAND, *Traité de Mécanique céleste*, 1, 1889, p. 262-265; CHARLIER, *Die Mechanik des Himmels*, 2, 2e éd., 1927, p. 257-289.

Donc, r désignant le rayon du cercle C, et θ un angle réel, si l'on pose $z-a=re^{i\theta}$, et si $M(r)$ est le maximum du module de $f(z)$ sur le cercle C, le rayon de convergence dans le plan de la variable α est au moins égal à l'inverse $r/M(r)$. On obtiendra par cette méthode le rayon le plus grand possible en déterminant le rayon r qui correspond au minimum du maximum $M(r)/r$, pourvu que la fonction $f(z)$ soit holomorphe dans et sur le cercle correspondant.

Or, considérons la fonction α de la variable z, soit $\alpha(z)$, définie par l'équation (1), d'où

$$\frac{f(z)}{z-a}=\frac{1}{\alpha},$$

et considérons d'autre part, sur le cercle C de rayon r, une valeur de la variable z qui correspond au maximum $M(r)$. Puisque, pour r fixé et θ variant seul, les modules des quantités $f(z)$ et $f(z)/(z-a)$ sont maxima, le module de la fonction α est minimum. Et, en remplaçant le module d'une quantité complexe par la partie réelle du logarithme de la même quantité, soit ici $\mathcal{R}(\log\alpha)$, nous pouvons annuler la dérivée de cette partie réelle par rapport à l'angle θ :

$$(3)\qquad \frac{\partial}{\partial\theta}[\mathcal{R}(\log\alpha)]=\mathcal{R}\left(\frac{1}{\alpha}\frac{d\alpha}{dz}\frac{\partial z}{\partial\theta}\right)=0.$$

Quand le rayon du cercle C varie, la condition (3) définit une fonction de r, $\theta(r)$, qui peut avoir plusieurs déterminations. Si nous substituons cette fonction dans la quantité complexe α, nous déterminerons le minimum du maximum $M(r)/r$ en annulant la dérivée par rapport au rayon r du module de la quantité formée par substitution : c'est-à-dire que nous écrivons de même l'équation

$$(4)\qquad \frac{d}{dr}[\mathcal{R}(\log\alpha)]=\mathcal{R}\left\{\frac{1}{\alpha}\frac{d\alpha}{dz}\left[\frac{\partial z}{\partial r}+\frac{\partial z}{\partial\theta}\theta'(r)\right]\right\}=0.$$

En retranchant de l'équation (4) l'équation (3) multipliée par la quantité réelle $\theta'(r)$, on constate que les parties réelles des deux expressions

$$\frac{1}{\alpha}\frac{d\alpha}{dz}\frac{\partial z}{\partial r}\quad\text{et}\quad\frac{1}{\alpha}\frac{d\alpha}{dz}\frac{\partial z}{\partial\theta}$$

doivent être nulles. Et comme le quotient des deux dérivées partielles

$$\frac{\partial z}{\partial r}=e^{i\theta},\qquad \frac{\partial z}{\partial\theta}=ire^{i\theta}$$

est une quantité purement imaginaire, il faut que la dérivée $d\alpha/dz$ s'annule. Or, si α est la fonction de z définie par l'équation (1), la dérivée $d\alpha/dz$ satisfait à l'équation dérivée

$$1-\alpha f'(z)=f(z)\frac{d\alpha}{dz},$$

de sorte que l'équation (2) se trouve vérifiée aussi.

Ainsi le système des valeurs des variables z et α qui correspond au minimum du maximum $M(r)/r$, et au rayon de convergence fourni par le raisonnement de Rouché, vérifié, en même temps que l'équation (1), l'équation dérivée (2) : c'est la proposition énoncée plus haut.

Vérifions cette proposition dans le cas de l'équation de Képler, soit avec les notations classiques

$$u = l + e \sin u;$$

dans ce cas l'on cherche un développement de l'anomalie excentrique u suivant les puissances de l'excentricité e, développement valable pour toute valeur réelle de l'anomalie moyenne l, qu'on peut ramener par périodicité et symétrie dans l'intervalle $0 \leq l \leq \pi$. La fonction $\sin u$ est entière. Et l'on a sur le cercle de centre l et de rayon r $u - l = re^{i\theta}$, et

$$|\sin u| = |\sin(l + r\cos\theta + ir\sin\theta)| = \sqrt{\operatorname{ch}^2(r\sin\theta) - \cos^2(l + r\cos\theta)}:$$

le maximum de $|\sin u|$ correspond, quel que soit r, aux valeurs $\theta = \pm(\pi/2)$, et à la valeur $l = (\pi/2)$ de l'intervalle $0, \pi$, et ce maximum est $M(r) = \operatorname{ch} r$.

A ces valeurs et à une valeur quelconque de r l'équation de Képler, et l'équation dérivée en u

$$1 = e \cos u$$

font correspondre les deux valeurs de l'inverse $1/e$

$$\frac{1}{e} = \frac{\sin u}{u - l} = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} + re^{\pm i\frac{\pi}{2}}\right)}{re^{\pm i\frac{\pi}{2}}} = \frac{\cos(ir)}{\pm ir} = \mp \frac{i \operatorname{ch} r}{r},$$

$$\frac{1}{e} = \cos u = \cos\left(\frac{\pi}{2} + re^{\pm i\frac{\pi}{2}}\right) = -\sin(\pm ir) = \mp i \operatorname{sh} r,$$

formules où il faut prendre tous les signes supérieurs ou tous les signes inférieurs. Et ces deux valeurs de $1/e$ sont égales si r satisfait à l'équation connue, formée par dérivation de l'expression maxima $[M(r)/r] = (\operatorname{ch} r/r)$, soit

$$\left(\frac{\operatorname{ch} r}{r}\right)' = \frac{r \operatorname{sh} r - \operatorname{ch} r}{r^2} = 0, \quad \text{et} \quad \operatorname{th} r = \frac{1}{r}.$$

D'où, correspondant à la valeur $l = (\pi/2)$, à la solution positive r de l'équation transcendante qui précède, et aux deux valeurs $\theta = \pm(\pi/2)$, les deux points singuliers $e = \pm i(r/\operatorname{ch} r) = \pm(i/\operatorname{sh} r)$ et le rayon de convergence connu,

$$|e| = \frac{r}{\operatorname{ch} r} = \frac{1}{\operatorname{sh} r} = \sqrt{r^2 - 1}.$$

Pour souligner la portée de la proposition démontrée plus haut, rappelons

encore un exemple classique. La fonction inverse $z(\alpha)$ définie par l'équation

$$\int_0^z e^{-z^2}\,dz = \alpha,$$

dont l'équation dérivée en z, $e^{-z^2} = 0$, n'a pas de solution à distance finie, n'est pas néanmoins une fonction entière; au contraire, cette fonction possède à distance finie les deux points critiques logarithmiques $\alpha = \pm(\sqrt{\pi}/2)$: *a priori* le cercle de convergence de la fonction définie par la somme de la série de Lagrange aurait pu être déterminé aussi par des points singuliers de cette seconde espèce.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension du décollement de la série de couverture subalpine.* Note de M. **Paul Fallot** et M[lle] **Anne Faure-Muret**.

Nous avons signalé (¹) dans la région de Roya (8^{km} au Sud de Saint-Étienne-de-Tinée) un chevauchement d'un type spécial. Ses modalités méritent une analyse à part, mais nous retiendrons ici qu'il implique un décollement de la série de couverture de l'ordre de 10^{km} au bas mot.

S'il s'éteint au col de la Crousette et si, au Mounier, il n'existe plus de chevauchement intéressant des termes supérieurs au Trias (²), l'on connaît dans celui-ci des plis couchés, notamment au vallon de Méranos, sous la cime de Varélios ainsi que plus à l'Est vers Vignols où P. Bordet (³) les a décrits. Toute la série de couverture se montre donc décollée dans le territoire embrassé par la feuille Saint-Étienne-de-Tinée.

Ce n'est d'ailleurs pas seulement dans ce secteur que s'observe le phénomène. De nos premières investigations dans les bassins de la Vésubie et de la Haute-Roya (Ouest de Tende), il appert que là aussi, la série sédimentaire a glissé sur le socle ancien ou sur les termes permiens ou werféniens qui en sont solidaires.

L'un de nous a montré (⁴), avec G. Suter, qu'au versant italien de l'Argentera, la couverture normale du Cristallin a été décollée et poussée vers le Sud-Ouest. D. Schneegans (⁵), enfin, a émis, déjà en 1938, l'idée du décollement probable de l'« autochtone » au Nord du même massif, par la nappe de l'Ubaye-Embrurais.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 523.

(²) En dehors de deux lambeaux exotiques de Trias et de Sinémurien flottant sur le Néocomien en 969,7/217,9 et 969,3/217,5, qui sont étrangers à la tectonique locale et appartiennent peut-être à la nappe de l'Ubaye-Embrunais.

(³) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 486-487.

(⁴) A. Faure-Muret et G. Suter, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 406-407.

(⁵) *Mém. Serv. Carte géol. France*, 1938, p. 21.

Nous ne sommes en mesure d'évaluer l'ampleur de la translation de la couverture qu'entre le dôme de Barrot et l'Argentera.

Aux 10^{km} de déplacement minimum vers le Sud-Ouest, chiffrés par P. Bordet (6) entre le revers septentrional du Barrot et une ligne Péone-Guillaumes, il faut ajouter environ 10^{km} pour les chevauchements et disharmonies de plissement entre cette ligne et le front Saint-Étienne-Saint-Sauveur. La série sédimentaire qui règne aujourd'hui dans les massifs dominant la Tinée a donc glissé au moins de 20^{km}.

L'importance du déplacement mesuré ainsi sur un front de 25^{km} et l'extension des régions où des décollements similaires ont été observés mais non évalués, montrent que l'on est, ici, en présence d'un phénomène général.

Il en découle une série de conséquences dont certaines peuvent être dès maintenant soulignées.

Du point de vue local, l'évolution stratigraphique de la région s'éclaire. La série de couverture a dû recouvrir originellement le massif cristallin, et cela explique pourquoi, marine et de faciès profond depuis le Lias au Sénonien supérieur, elle ne comporte, dans le secteur étudié, aucun des indices qui révèleraient la proximité d'une terre émergée. Après la lacune de l'Eocène inférieur, cette considération s'applique aussi à la période Auversien-Priabonien. Au moins jusqu'au droit de Saint-Martin-Vésubie, ce n'est qu'à l'Oligocène que les grès d'Annot témoignent d'une émersion du massif cristallin.

Du point de vue régional, on sait que les auteurs considèrent en général les plis de la zone subalpine comme des plis de couverture. De là à envisager que cette couverture est décollée par rapport à son substratum, il n'y a qu'un pas. Mais jusqu'ici tout fondement objectif manquait à ces vues théoriques. Les observations de P. Bordet et les nôtres l'apportent dans un secteur déjà assez étendu pour qu'il soit permis d'en étendre les conclusions.

Ainsi l'essentiel des plis subalpins et leur groupement en éléments de virgations résulteraient-ils du décollement et du mouvement d'ensemble de la couverture post-werfénienne.

Comme pour un tapis glissant sur une surface inclinée, les plis se sont graduellement amortis vers l'extérieur, les plus externes correspondant aux parties de la couverture qui n'ont subi qu'un déplacement minimum; et ces plis, pour autant qu'ils n'ont pas été contrecarrés ou tardivement ravivés, ont dû naître de proche en proche, de l'extérieur vers l'intérieur, au fur et à mesure du lent afflux de la couverture. Cela expliquerait pourquoi les portions internes de cette couverture (cime de l'Aspre, région d'Entraunes, Saint-Honorat, synclinal Annot-Braux et son prolongement septentrional, etc.) sont

(6) P. Bordet et M. Lemoine, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1029; P. Bordet, *Ibid.*, 228, 1949, p. 406-407.

d'allure si régulièrement calme, alors que les dislocations s'accumulent et s'ordonnent vers l'extérieur.

Les jeux invoqués par J. Jung (7) dans le Diois et les Baronnies seraient parfaitement explicables par l'extension vers le Nord de ce régime de décollements qui doit régner, à notre avis, par le Vercors jusqu'à la Chartreuse.

Or M. Lugeon, poursuivant ses travaux sur le rôle de la gravité dans la genèse et les déformations de la nappe de cisaillement du Jura (Abscherungdecke de A. Buxtorf), a récemment (8) insisté sur l'extension jusqu'à la Chartreuse du décollement jurassien. Ainsi les conclusions auxquelles nous arrivons en remontant la zone subalpine du Sud au Nord trouvent-elles une première confirmation dans cette rencontre.

D'autres considérations font ressortir l'unité du mécanisme qui a régi les déformations de cette bordure des Alpes.

A une échelle de détail, nous savons, par exemple, que dans le massif de l'Argentera et ses abords externes immédiats, l'orogénie alpine s'est manifestée par le pincement d'étroits coins synclinaux de Trias dans le Cristallin. La boutonnière de Roya montre l'indépendance de la série de couverture par rapport à ces coins, principalement werféniens, qui sont demeurés ancrés dans le gneiss alors qu'elle glissait par dessus. L'effort tangentiel alpin, au moins à son début, a donc précédé et sans doute suscité le décollement de la couverture. C'est là, avec des variantes locales, un dispositif comparable à celui que M. Lugeon a figuré sur ses cartes (9) et interprété (10) dans la région de Morcles.

Mais, ici comme là, la déformation du socle autochtone sous la poussée alpine est une chose. Le cheminement de la couverture décollée en est une autre. Et ce cheminement embrasse des étendues considérables.

Tout porte à croire que nous sommes là en présence d'un phénomène grandiose, très général au pourtour des parties charriées de l'arc alpin, et qui a pu jouer jusque sous la nappe de l'Ubaye-Embrunais et sous celle de Morcles.

Cette hypothèse n'implique toutefois pas que toutes les dislocations de la zone subalpine lui soient imputables.

Certaines résultent de la déformation du bâti, dont le dôme de Barles, celui plus vaste de Barrot et les grands massifs cristallins autochtones ne sont que les manifestations les plus apparentes. Ces déformations du socle ont souvent influé sur celles de la couverture. Mais il semble que dans de nombreux cas où l'on était obligé, pour concevoir certains plis de couverture, d'invoquer des

---

(7) *Trav. Lab. Géol. Univer. Grenoble*, 15, fasc. 2, 1929-1931, p. 61-82.
(8) *Comptes rendus somm. Soc. géol. France*, n° 15, 1948, p. 336.
(9) *Atlas géol. Suisse* au 1/25000, feuilles 483, 1934 et 485, 1937.
(10) *Bull. Labor. Géol. Miner. Univers. Lausanne*, n° 7, 1941, p. 2.

rétréçissements proportionnels du tréfonds, l'on pourra plus simplement imputer la déformation superficielle aux effets du décollement et de la translation.

La discrimination entre les deux ordres de phénomènes constitue dans chaque région, un problème local que nous ne saurions aborder ici.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Poids de l'encéphale et développement quantitatif du système nerveux somatique.* Note de M. **Louis Lapicque**.

Dans une Note récente sur la relation biométrique interspécifique dans la croissance (1), M. Vaugien a rappelé *les droites isoneurales de Lapicque.* Ces droites, comme le dit justement l'auteur, concernent l'encéphale. Expérimentalement, elles ne concernent que cela, mais leur dénomination impliquerait que le développement quantitatif du cerveau (ou de l'encéphale) est proportionnel à celui du système nerveux tout entier. Telle était bien mon idée en effet quand j'ai créé ce terme il y a plus de 40 ans (2). Mais, plus récemment, j'ai reconnu que cette idée était fausse; la citation qu'a bien voulu faire M. Vaugien sans discuter la portée du mot *isoneural,* me fait un devoir de rectifier très explicitement, dans le recueil même où je l'ai publiée, ma vieille erreur, déjà désavouée comme on va voir.

En 1907, désirant dresser un tableau d'ensemble des poids encéphaliques en fonction du poids du corps chez des animaux, j'avais, sans idée préconçue, eu recours aux coordonnées logarithmiques afin de pouvoir représenter côte à côte des êtres très petits et très grands; j'ai constaté que les points ainsi obtenus se plaçaient sur des droites parallèles les unes au-dessous des autres. Je retrouvais ainsi sous une forme graphique le résultat obtenu 10 ans plus tôt sous forme algébrique par Eugène Dubois. Celui-ci, écrivant que le poids de l'encéphale E est proportionnel à la puissance 0,56 du poids du corps P, $E = KP^{0,56}$, avait montré que le *coefficient de céphalisation* K ainsi calculé met à égalité les espèces semblables, et établit entre les diverses espèces une gradation en accord avec l'opinion que nous pouvons nous faire de leurs intelligences respectives. Chaque droite, ai-je dit alors, comprenant les espèces où K a même valeur, représente un niveau d'égalité dans la complexité nerveuse, indépendamment de la masse du corps; c'est une ligne *isoneurale.*

Dans cette première Note, je n'avais ni justifié ni discuté l'expression, mais j'en ai développé le principe au cours des années suivantes. Par exemple, ayant observé avec M. Laugier chez quelques Vertébrés inférieurs, une « relation évidente sans calcul entre la grandeur de l'œil et le poids de l'encéphale », puis confirmé cette relation sur toute une série de Mammifères, j'en suis venu à

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 206.
(2) *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 1459.

parler d'une « influence » de la richesse relative en innervation visuelle sur le développement quantitatif de l'encéphale ([3]), acceptant ainsi presque explicitement que le nombre des éléments nerveux périphériques serait la grandeur sur laquelle se réglerait, avec intervention d'un coefficient spécifique, le développement quantitatif du cerveau.

La première tentative de vérification fut faite en 1923 avec le concours technique de M. A. Giroud; nous avons compté les fibres dans certaines racines rachidiennes chez le Rat et la Souris, et chez des chiens de petite et de grande taille. La réponse resta confuse en raison de la complexité suivante que j'ai éclaircie ultérieurement; la paire rachidienne examinée était la septième dorsale; les racines ventrales dans cette région contiennent les fibres préganglionnaires du système sympathique; or, le nombre de celles-ci en fonction du poids du corps suit une autre loi que les fibres du système volontaire.

Ultérieurement, j'ai repris la question avec M. et M[me] Desoille, sur les racines rachidiennes en comptant à part les deux espèces de fibres, qui peuvent être nettement distinguées par leur calibre, puis, avec M. Pezard et M[me] Senègre, sur le phrénique, nerf presque purement moteur ([4]). Il apparut ainsi que le nombre des fibres de la motricité volontaire aussi bien que les fibres de la sensibilité consciente, c'est-à-dire celles dont les messages vont au cerveau ou en proviennent, est fonction du poids du corps suivant une loi parabolique comme le poids de l'encéphale. On peut donc obtenir un coefficient homologue au coefficient de céphalisation et exprimant pour chaque espèce le développement relatif à l'innervation périphérique; or, ce coefficient restait sensiblement le même pour toutes les espèces, bien que nos sujets appartinssent à des niveaux divers de céphalisation, depuis le Rat et la Souris à l'étage presque le plus bas des Mammifères, coefficient céphalique de 0,08, jusqu'à l'Homme dont le coefficient atteint 2,7, en passant par une série de valeurs : 0,14 pour la Marmotte et 0,30 à 0,40 pour des Carnassiers, des Herbivores et des Singes. Cette gradation accusée ne se retrouvant pas du tout dans le nombre des neurones périphériques, j'ai, sur le champ, explicitement reconnu ([5]) qu'une telle constatation était « contraire aux postulats dont nous étions partis » (c'est-à-dire à la notion de droites isoneurales).

Mais l'indépendance du développement quantitatif entre l'encéphale et l'innervation périphérique m'a paru, en raison de son importance théorique, aussi bien que de son apparence paradoxale, exiger de nouvelles recherches. Celles-ci ont été entreprises sur une autre base expérimentale, plus générale et plus significative : évaluer l'ensemble des fibres nerveuses qui unissent la tête au tronc et aux membres, c'est-à-dire dans la moelle à son entrée dans le crâne.

([3]) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 210.
([4]) *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 894-897.
([5]) *C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 901.

Une telle computation, au sens strict, est pratiquement impossible en raison du nombre et de l'hétérogénéité des unités en cause; pour notre propos, j'ai pensé qu'il suffisait de mesurer la surface occupée par la substance blanche sur une coupe tranversale.

Une première série, limitée en raison des difficultés du moment aux espèces Souris, Rat, Lapin, Chien, Homme, a montré que cette surface S, en fonction du poids corporel P, peut encore s'exprimer par une formule parabolique $S = mP^{0,46}$.

D'un bout à l'autre de la série, on avait $m = 0,36 \pm 0,04$, c'est-à-dire aucune relation avec le coefficient de céphalisation (6).

Cette donnée a été confirmée et généralisée avec le concours de M. J. Nouvel et Mme Senègre, sur une nouvelle série de quatorze espèces de Mammifères comprenant un Bison de 415kg. (En passant, il convient de noter la valeur objective de l'exposant 0,46 qui a permis de traduire les faits sans écart systématique, le poids variant de 1 à 20 000.) Sur une série de 13 espèces d'oiseaux, la même puissance 0,46 permit aussi bien d'éliminer le poids du corps, le coefficient m' étant égal à 0,17 pour un Pélican de 8555g et à 0,16 pour un Chardonneret de 12g (soit environ la moitié du coefficient m des Mammifères). Ce qui nous importe en ce moment, c'est que m', s'il présente des écarts un peu plus grands que chez les Mammifères, vraisemblablement pour des causes accidentelles, ne marque pas davantage de relation avec le coefficient de céphalisation, bien que celui-ci quadruple quand on passe des Gallinacés et des Colombidés d'une part aux Psittacidés, d'autre part (7).

L'indépendance du développement quantitatif entre l'encéphale et l'innervation somatique est donc fermement établie. Je me propose d'apporter prochainement quelques commentaires à cette constatation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des solutions alcalines diluées sur le bois* (1). Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Lazare Silberstein**.

Dans une Note toute récente sur la transformation de la paille en pâte à papier par le procédé dit *de macération*, nous avons rappelé qu'une solution aqueuse de chaux, qui ne renferme guère plus d'un gramme et demi par litre de cet hydrate alcalino-terreux, suffit, par un simple contact à une douce température, à libérer l'acide acétique combiné dans le tissu végétal, et nous avons fait connaître qu'une fraction importante du méthanol engagé sous des

(6) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 697.
(7) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 653.

(1) Travail du Centre d'Études de la Cellulose et du Bois.

formes diverses dans les constituants de la membrane cellulaire était en même temps libérée ([2]).

Étant donné les analogies de structure et surtout de composition chimique de la paille et de la tige des plantes ligneuses, il était intéressant et peut-être même utile de rechercher comment agissent des solutions alcalines diluées sur le bois d'un certain nombre d'arbres. Nous avons, comme dans les précédentes expériences sur la paille, utilisé comparativement des solutions de soude, de chaux et d'ammoniaque de même concentration par rapport à ClH(N/22,7).

Comme bois, nous avons choisi ceux de huit espèces d'arbres, dont quatre appartiennent aux Angiospermes : le Châtaignier (*Castanea sativa* Miller), le Chêne rouvre (*Quercus pedunculata* Ehrh.), le Hêtre (*Fagus silvatica* L.) et le Tremble (*Populus tremula* L.), et quatre aux Gymnospermes : l'Épicéa (*Picea excelsa* Lamk.), le Mélèze (*Larix decidua* Miller), le Pin maritime (*Pinus pinaster* Solando) et le Sapin (*Abies pectinata* Lamk.) ([3]).

A ces bois nous avons ajouté un échantillon de paille de froment dans laquelle nous n'avions envisagé la dernière fois que le méthanol.

Les bois, depuis longtemps desséchés à l'air libre dans une pièce du laboratoire, ont été réduits en poudre à l'aide d'une râpe. De chaque poudre on a déterminé l'humidité résiduelle par chauffage à l'étuve à 100-105° et, en même temps, on a effectué des prises d'essai de quatre grammes qui ont été placées dans des flacons de 125^{cm^3} de capacité avec 100^{cm^3} des diverses solutions alcalines indiquées plus haut. La macération des poudres s'est poursuivie exactement dans les conditions qui ont été décrites pour la paille, dans une chambre-thermostat réglée à la température de 25°. Mais, après que le liquide alcalin d'un flacon a été séparé à la fin d'une expérience et amené, avec l'eau de lavage de la substance indissoute, au volume total de 120^{cm^3}, on a procédé non seulement au dosage du méthanol contenu dans 60^{cm^3}, mais aussi à celui de l'acide acétique présent dans le reste du liquide.

Parallèlement à ces expériences de macération en solutions alcalines diluées, nous avons procédé à la détermination de la quantité maxima de méthanol libérable par une hydrolyse à l'ébullition avec de la baryte à 5 %, comme dans le cas de la paille, et, en outre, à celle de la quantité, d'ailleurs totale, d'acide acétique combiné que sépare une ébullition, durant six heures, avec de l'acide sulfurique à 2 % ([3]).

La première impression qui se dégage de l'examen des résultats obtenus dans ces nouvelles expériences est que la soude, la chaux et l'ammoniaque se comportent à peu près de la même manière à l'égard des substances végétales expérimentées : malgré leur grande dilution, inférieure à N/20, il y a eu sépa-

---

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 450.

([3]) Pour certains détails et pour le tableau des résultats expérimentaux, qui ne peuvent trouver place ici, consulter le mémoire qui paraîtra ultérieurement.

ration, dans tous les cas, d'acide acétique et de méthanol. Quantitativement, la soude s'est comportée exactement comme la chaux, l'ammoniaque s'est montrée un peu plus faible.

Les proportions d'*acide acétique* séparées par rapport à celles qui existent dans les substances végétales examinées, varient d'une certaine manière : elles sont pratiquement totales pour le bois des quatre Gymnospermes et pour la paille de la Graminée, mais elles sont nettement moindres pour le bois des quatre Angiospermes. On peut même ajouter, à l'égard de ces dernières espèces, que si les bois tendres de Hêtre et de Tremble n'ont pas montré une résistance à l'hydrolyse faible de plus de 4 à 6 % supérieure à celle des Gymnospermes, les bois durs de Châtaigner et de Chêne ont conservé le quart et même un peu plus de l'acide acétique qui s'y trouvait. Il existerait, d'après cela, deux sortes de combinaisons acétiques dans les tissus lignifiés : les unes facilement hydrolysables par les solutions alcalines étendues et à froid, et les autres ne pouvant être résolues avec libération de l'acide organique que sous l'influence d'une action alcaline énergique. Les premières seraient seules présentes dans le bois des Gymnospermes et dans la paille; les secondes se trouveraient accompagnées d'une importante proportion des premières, dans le bois des Angiospermes.

Des différences analogues, mais moins marquées, existent pour le *méthanol*.

C'est ainsi que si l'on compare : 1° les proportions d'acide acétique et 2° celles de méthanol que les macérations en liqueurs diluées de soude et de chaux ont mises en liberté par rapport à celles qui sont produites par les hydrolyses chimiques fortes, on trouve les chiffres suivants :

Avec :		Acide acétique (%).	Méthanol (%).
les Angiospermes	Châtaignier	72,7	45,6
	Chêne	73,9	68,4
	Hêtre	95,9	60,0
	Tremble	93,3	50,0
	Moyenne	83,9	56,0
les Gymnospermes	Épicéa	100,0	70,9
	Mélèze	98,8	56,6
	Pin maritime	100,0	68,9
	Sapin pectiné	98,8	61,5
	Moyenne	99,4	64,5
la Graminée :	Paille de froment	100,1	58,3

Ces recherches ne présentent pas seulement de l'intérêt à divers points de vue théoriques : constitution chimique des tissus lignifiés, biochimie comparée des végétaux, etc., elles peuvent intervenir dans la solution de plusieurs problèmes touchant à la pratique : transformation de la paille en fumier, rouissage

des plantes textiles, fabrication de certains papiers, etc. A propos, par exemple, de la transformation de la paille en pâte à papier par le procédé dit *de macération*, on peut déjà prévoir que si cette industrie continue à se développer, elle finira par rencontrer des difficultés à se procurer la matière première. Celle-ci a déjà l'inconvénient d'être de faible densité, par conséquent encombrante, chère à transporter et à loger. Elle est encore, il est vrai, d'un prix peu élevé, mais au fur et à mesure de l'augmentation de son emploi, elle deviendra à la fois plus insuffisante et plus coûteuse. Des bois choisis d'après les caractères rapportés plus haut pourraient très probablement alors y suppléer.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau un fascicule consacré à *la vie et à l'œuvre d'Edmond Rothé* (1873-1942), Correspondant de l'Académie des Sciences.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Louis de Broglie**, **Camille Gutton**, **René Barthélemy** et **André Danjon** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui sera organisée pour célébrer la mémoire du Général *Ferrié*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Notes et Mémoires* publiés sous la direction de M. Louis Dubertret. Tome IV. *Études géologiques et géographiques sur le Liban, la Syrie et le Moyen-Orient*, par MM. Alain Bourgoin, Henri de Cizancourt, W. B. Fish, René Gombault, Jean Haller, S. H. Shaw, F. E. Wellings, René Wetzel et Louis Dubertret (présenté par M. Emmanuel de Margerie).

2° Müszaki és természettudományi egyesületek szövetsége kiadóhivatal. *Aluminium*, n° 1, janvier 1949.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la relation de composabilité dans les logiques de complémentarité*. Note de M. **Renaud de Bengy-Puyvallée**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. G. Birkhoff et von Neumann [1] ont remarqué une analogie qui existait entre l'affaiblissement de la logique dans les conditions quantiques et celui

(1) *Ann. Math.*, 37, 4, 1936, p. 823-843.

imposé à la logique intuitioniste par M. Heyting. Mme Destouches-Février ([2]) a montré récemment que la logique de la mathématique intuitioniste sans négation de Griss ([3]) était une logique de complémentarité comme l'est la logique quantique. Il semble qu'on puisse justifier mieux les similitudes et le caractère de ces deux logiques par la notion de *Composabilité* ([4]).

La mathématique intuitionniste, d'après les idées de Brouwer ([5]), doit être construite à partir d'une intuition mathématique fondamentale. La logique n'est pas un système de règles données *a priori*, mais seulement la constatation de *régularités* dans l'établissement de constructions. Une *Espèce* est définie par Brouwer par une propriété bien déterminée que doit posséder ses éléments. Dans la mathématique de Griss, la liberté de faire des suppositions est limitée : on n'admet que des propositions réalisables; en particulier, l'intersection d'espèces devra toujours être soumise à une condition supplémentaire de composabilité qui finalement revient à la réalisabilité de la relation d'intersection.

2. On peut poser en logique de l'intuitionisme sans négation

$$(1) \qquad p \mathrel{=\!|\!=} q =_d \text{Réal}\, p \,\&\, q.$$

Selon Mme Destouches-Février, en mathématique strictement constructible, la réalisation d'une proposition et la réalisation d'une fonction propositionnelle peuvent être définies par

$$(2) \qquad \text{Réal}\, p(a) =_d \mathfrak{R}\, \mathbf{C}[a;\, p(x)], \qquad \text{Réal}\, p(x) =_d \mathfrak{R}\, \exists\, a\, \mathbf{C}[a;\, p(x)],$$

où $\mathbf{C}[a;\, p(x)]$ signifie : *construire un a tel que soit réalisé ce qu'on énonce par* $p(a)$. On peut alors préciser (1) en remplaçant Réal par sa définition dans (2); on a les identités

$$p(a) \underset{\&}{\mathrel{=\!|\!=}} q(a) \cdot\equiv\cdot\, \mathfrak{R}\, \mathbf{C}[a;\, p(x) \,\&\, q(x)]; \qquad p(a) \underset{\&}{\mathrel{=\!|\!=}} q(b) \cdot\equiv\cdot\, \mathfrak{R}\, \mathbf{C}[a,\, b;\, p(x) \,\&\, a(y)];$$
$$p(x) \underset{\&}{\mathrel{=\!|\!=}} q(x) \cdot\equiv\cdot\, \mathfrak{R}\, \exists\, a\, \mathbf{C}[a;\, p(x) \,\&\, q(x)]; \qquad p(x) \underset{\&}{\mathrel{=\!|\!=}} q(y) \cdot\equiv\cdot\, \exists\, a,\, b\, \mathbf{C}[a,\, b;\, p(x) \,\&\, q(y)].$$

On peut remplacer $\mathbf{C}[a;\, p(x) \,\&\, q(x)]$ par un produit de constructions

$$\mathbf{C}[a;\, p(x) \,\&\, q(x)] \cdot\equiv\cdot\, \mathbf{C}[a;\, p(x)] \wedge \mathbf{C}[a;\, q(y)],$$
$$\mathbf{C}[a,\, b;\, p(x) \,\&\, q(y)] \cdot\equiv\cdot\, \mathbf{C}[a;\, p(x)] \wedge [b;\, q(y)].$$

Désignons par $\text{Esp}_x[p(x)]$ l'espèce définie par la propriété s'énonçant $p(x)$. L'espèce $\text{Esp}_x[p(x) \,\&\, q(x)]$ peut être définie par l'intersection des deux

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 38; 227, 1948, p. 1192; 228, 1949, p. 31.

([3]) *Proc. Ned.*, 53, 1944, p. 261-68; 49, 1946, p. 1121-33; *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 946-948.

([4]) BENGY-PUYVALLÉE, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 589; 226, 1948, p. 454.

([5]) *Over de grondslagen der wiskunde*, Amsterdam, 1907; *Begrundung der Mengenlehre*, Amsterdam, 1918; *Cf.* VAN DANTZIG, *Proc. Ned.*, 1947, p. 918.

espèces $\mathrm{Esp}_x[p(x)]$ et $\mathrm{Esp}_x[q(x)]$. Une espèce $\mathrm{Esp}_x p(x)$ sera dite *bien définie*. Si $p(x)$ est réalisable, soit

$$\mathrm{Bdf}\,\mathrm{Esp}_x[p(x)] =_d \mathrm{Réal}\,p(x).$$

On a $P(x) \underset{\&}{=\!\!|\!\!=} q(x)$ si l'on a $\mathrm{Réal}[p(x) \,\&\, q(x)]$, on aura donc

$$p(x) \underset{\&}{=\!\!|\!\!=} q(x) \cdot\equiv\cdot \mathrm{Bdf}\,\mathrm{Esp}_x[p(x) \,\&\, q(x)],$$

et enfin

(4) $$p(x) \underset{\&}{=\!\!|\!\!=} q(x) \cdot\equiv\cdot \mathrm{Bdf}\{\mathrm{Esp}_x[p(x)] \cap \mathrm{Esp}_x[q(x)]\}.$$

3. En logique quantique un énoncé expérimental p, susceptible d'être vrai, pourra être dit réalisable. De même on avait posé la condition de composabilité pour des énoncés expérimentaux donnés simultanément, c'est-à-dire lorsque leur produit est susceptible d'être vrai, donc lorsqu'il est réalisable.

On est ainsi conduit à la même formule (1) que dans le cas de la mathématique intuitioniste sans négation. A des énoncés expérimentaux tels que p correspondent une multiplicité linéaire $\mathfrak{M}p$ dans l'espace des éléments de prévisions (espace de Hilbert en Mécanique ondulatoire). On peut donner dans ce cas encore un sens au symbole $\mathbf{C}[a, p(x)]$ en disant qu'il signifie : « construire la multiplicité $\mathfrak{M}p(a)$, à une dimension au moins de l'espace ($\mathcal{Y}$), associée à l'énoncé expérimental $p(a)$ »; à une fonction proportionnelle $p(x)$ correspond alors la famille des multiplicités $\mathfrak{M}p(x)$ pour les diverses valeurs de la variable x. Si l'on donne ce sens à $\mathbf{C}[a, p(x)]$, les formules de composabilité écrites plus haut pour la logique intuitioniste sans négation subsistent dans le cas de la logique quantique. On a

$$p(a) \underset{\&}{=\!\!|\!\!=} q(b) \cdot\equiv\cdot \propto \mathbf{C}[a, b; p(x) \,\&\, q(y)] \cdot\equiv\cdot \propto \mathbf{C}[a, p(x)] \wedge \mathbf{C}[b, q(y)].$$

A $\mathrm{Bdf}\,\mathrm{Esp}_x[p(x)]$ correspond ici

$$\mathrm{Bdf}\,\mathfrak{M}p(x) =_d \mathrm{Réal}\,p(x), \qquad \mathrm{Bdf}\,\mathfrak{M}p(a) =_d \mathrm{Réal}\,p(a).$$

On obtient alors une identité semblable à (4)

(5) $$p(a) \underset{\&}{=\!\!|\!\!=} q(b) \cdot\equiv\cdot \mathrm{Bdf}[\mathfrak{M}p(a) \cap \mathfrak{M}q(b)].$$

qui exprime que deux propositions expérimentales sont composables si leur intersection est une multiplicité ayant au moins une dimension (c'est-à-dire qui n'est pas réduite au point O).

Ainsi en logique quantique comme en logique de l'intuitionisme sans négation (logique de la mathématique strictement constructible), on a les mêmes formules de composabilité par rapport au produit logique qui dérivent toutes deux de la formule de définition ([1]), seule l'interprétation du symbole $C[a; p(x)]$ est différente dans les deux cas.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la transformation de Fourier dans les groupes discrets* (¹). Note (*) de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1. On désigne par : G un groupe discret; L l'espace des fonctions à valeurs complexes, définies sur G, nulles en dehors d'un nombre fini de points de G; L^2 l'espace des f avec $\sum_{s\in G}|f(s)|^2<+\infty$; $(f, g)=\sum f(s)\overline{g(s)}$ le produit scalaire dans L^2;

$$U_s f(x)=f(s^{-1}x), \qquad V_s f(x)=f(xs),$$

les deux représentations régulières de G dans L^2; Δ un sous-groupe *abélien* de G; X le groupe (compact) des caractères $\chi(\delta)$ de Δ; $d\chi$ la mesure de Haar sur X, choisie de masse totale *un*.

Pour f; $g\in L$, posons

$$(1)\qquad \varphi_{f,g}(\chi)=\sum_{\delta\in\Delta}(V_\delta f, g)\overline{\chi(\delta)};$$

d'après la formule d'inversion de Fourier, on a

$$(2)\qquad (V_\delta f, g)=\int_X \varphi_{f,g}(\chi)\chi(\delta)\,d\chi.$$

2. Chaque $\chi\in X$ permet de définir un espace de Hilbert $\mathcal{H}_\chi$, une application $f\to f_\chi$ de L sur un sous-espace partout dense de $\mathcal{H}_\chi$, et une représentation unitaire $s\to U_{\chi;s}$ de G dans $\mathcal{H}_\chi$, de telle sorte que

$$\varphi_{f,g}(\chi)=(f_\chi, g_\chi); \qquad U_{\chi;s}f_\chi=(U_s f)_\chi.$$

(2) donne alors

$$(3)\qquad (U_s V_\delta f, g)=\int_X (U_{\chi;s}f_\chi, g_\chi)\chi(\delta)\,d\chi,$$

et constitue une décomposition de la représentation régulière gauche $\{L^2, U_s\}$ en somme continue de représentations $\{\mathcal{H}_\chi, U_{\chi;s}\}$, deux à deux distinctes.

3. Dans chaque classe à droite $\Delta.x$ $(x\in G)$, choisissons *un* représentant s, et soit $\Omega\sim G/\Delta$ l'ensemble ainsi obtenu dans G. Pour $f\in L$ et $\chi\in X$ posons

$$f_\chi(s)=\sum_{\delta\in\Delta}f(s^{-1}\delta)\overline{\chi(\delta)} \qquad (s\in\Omega);$$

on obtient alors une réalisation de $\mathcal{H}_\chi$ au moyen de l'espace $\mathcal{H}$ des fonctions $\varphi(s)$, $(s\in\Omega)$ vérifiant $\Sigma|\varphi(s)|^2<+\infty$.

Par ailleurs, pour $s\in\Omega$ et $x\in G$, il existe un seul $t=T_x s\in\Omega$ tel que l'on ait

$$(4)\qquad sx=\delta.t \qquad (\delta\in\Delta);$$

(*) Séance du 14 février 1949.

(¹) Les méthodes et résultats des paragraphes 1 et 2 sont valables dans tout groupe localement compact, en prenant pour Δ un sous-groupe abélien *fermé*.

on obtient ainsi une réalisation de G comme groupe *transisif* de permutations de Ω. $\mathcal{H}_\chi$ étant identifié à $\mathcal{H}$, on a alors

$$U_{\chi;x}\varphi(s)=\overline{\chi(\delta)}\,\varphi(T_x s),$$

où δ est donné par (4).

En appliquant un théorème de l'auteur ([2]), on obtient alors une condition *nécessaire et suffisante* pour que les représentations $\{\mathcal{H}_\chi, U_{\chi;x}\}$ soient irréductibles : si s et t sont deux points distincts de Ω, et si G_s est l'ensemble des $x \in G$ tels que $T_x s = s$, les $T_x t (x \in G_s)$ doivent être en nombre *infini*. On en déduit immédiatement ceci

Théorème 1. — *Pour que les représentations* $\{\mathcal{H}_\chi, U_{\chi;s}\}$ *soient irréductibles, il faut et il suffit que toute classe à gauche modulo* Δ, *autre que* Δ, *rencontre une infinité de classes à droite modulo* Δ *distinctes.*

4. Si la condition du théorème 1 est réalisée, il est facile de voir ceci : Δ est un sous-groupe abélien *maximal* de G; pour chaque $s \notin \Delta$, les $\delta^{-1}s\delta$ $(\delta \notin \Delta)$ forment un sous-ensemble *infini* de G (propriété qui entraîne naturellement la maximalité de Δ). Il est remarquable que cette dernière propriété signifie exactement ceci : dans L^2, soit R^g (resp. R^d) l'anneau d'opérateurs (faiblement fermé) engendré par les U_s (resp. V_s); alors les $V_\delta(\delta \in \Delta)$ engendrent un sous-anneau commutatif *maximal* de R^d, c'est-à-dire de l'anneau des opérateurs qui permutent ([3]) aux $U_s(s \in G)$. Ceci montre une étroite relation entre le théorème 1 et les résultats annoncés récemment par F. I. Mautner ([4]). On notera aussi une analogie évidente avec les méthodes créées par Gelfand et Neumark ([5]) pour les groupes de Lie semi-simples.

Terminons en indiquant que le théorème 1 permet de réaliser la transformation de Fourier, par exemple, sur le groupe modulaire arithmétique; il suffit de prendre pour Δ le sous-groupe des matrices $\begin{pmatrix} 1 & n \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les polynomes de Poincaré des groupes simples exceptionnels.* Note (*) de M. **Yen Chih-ta**, présentée par M. Élie Cartan.

A la suite des travaux fondamentaux de M. É. Cartan ([1]), plusieurs recherches ont été faites concernant l'anneau d'homologie des groupes de Lie.

([2]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 63, 1948, p. 80-81.
([3]) L'équation $R^d = (R^g)'$ est valable aussi dans tout groupe localement compact.
([4]) *Proc. Nat. Ac. Sc. U. S. A.*, 1948.
([5]) *Rec. Math. Moscou*, octobre 1947.

(*) Séance du 14 février 1949.
([1]) *Voir* M. E. Cartan, *Selecta*, 1939, p. 235-258. Dans ce mémoire, on trouve les références bibliographiques aux travaux de MM. Brauer et Pontrjagin.

MM. Brauer, Pontrjagin et Ehresmann ont déterminé, par des méthodes différentes, les nombres de Betti des groupes simples appartenant aux quatre grandes classes de Killing-Cartan. M. Ehresmann (²) a, d'autre part, déterminé les polynomes de Poincaré de certains espaces symétriques de M. É. Cartan. Tout récemment, M. Hirsch (³) a réussi à trouver une relation générale (⁴) entre les polynomes de Poincaré d'un espace homogène et de son groupe.

Soit G un groupe de Lie clos et soit g un sous-groupe *de même rang*, soient $(1+x^{2n_1-1})(1+x^{2n_2-1})\ldots(1+x^{2n_l-1})$ et $(1+x^{2k_1-1})\ldots(1+x^{2n_l-1})$ les polynomes de Poincaré de G et de g respectivement, où l est le rang. D'après M. Hirsch, le polynome de Poincaré de l'espace homogène G/g est alors

$$(1)\qquad \frac{(1-x^{2n_1})(1-x^{2n_2})\ldots(1-x^{2n_l})}{(1-x^{2k_1})(1-x^{2k_2})\ldots(1-x^{2k_l})}.$$

D'autre part, M. É. Cartan (⁵) a déterminé, depuis longtemps, tous les espaces homogènes symétriques correspondant aux groupes de Lie simples. Le polynome de Poincaré d'un tel *espace symétrique* M sera déterminé par les invariants intégraux de M par rapport au *groupe caractéristique* g, groupe d'isotropie autour d'un point de l'espace. On peut démontrer que la somme des nombres de Betti de M est le quotient du volume de G par le volume de g, lorsque g est de *même rang que* G. Avec M. Weyl (⁶) nous voyons que ce quotient est le quotient de l'ordre de *groupe discret* S (G) associé à G par celui du groupe discret associé à g.

Parmi tous les espaces symétriques, nous citerons deux cas particulièrement intéressants. L'un est celui d'un espace symétrique où le groupe caractéristique g contient un sous-groupe invariant *à un paramètre*, l'autre est celui d'un espace où le groupe caractéristique g contient un sous-groupe invariant simple *à trois paramètres*. Dans chacun des deux cas, l'espace est à dimensions $2n$ et le groupe g est un produit $g'\times g_0$, où g_0 désigne respectivement le groupe à un paramètre ou un groupe simple à trois paramètres. On sait d'ailleurs que le groupe g' est un groupe linéaire *à n variables complexes* et ses représentations déterminent les nombres de Betti de l'espace symétrique. Soit $\vartheta_{[s]}$ la représentation de g' correspondant aux tenseurs symétriques gauche d'ordre s. En supposant que les représentations irréductibles contenues dans $\vartheta_{[s]}$ soient non équivalentes, on a le $2s^{\text{ième}}$ nombre de Betti de l'espace

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 321 et 1263; *Annals of Math.*, 1934. M. Ehresmann m'a communiqué qu'il a déterminé les groupes d'homologie de tous les espaces symétriques correspondant aux grandes classes de groupes simples.

(³) M. Koszul m'a communiqué le résultat récent de M. Hirsch.

(⁴) M. Chevalley a déjà appliqué cette relation à la détermination du polynome de Poincaré de certains groupes exceptionnels.

(⁵) *Ann. Ec. Norm.*, 44, 1927; *Ann. Soc. Pol. Math.*, 8, 1929.

(⁶) *Math. Zeitsch.*, 24 1925 et aussi E. Witt, *Ham. Ab.*, 1941.

est le nombre des représentations irréductibles de $\mathfrak{I}_{[s]}$ dans le premiers cas; et le nombre de Betti est la différence du nombre des représentations irréductibles dans $\mathfrak{I}_{[s]}$ et celui des représentations irréductibles dans $\mathfrak{I}_{[s+1]}$ qui sont équivalentes à une des représentations contenues dans $\mathfrak{I}_{[s-1]}$ dans le deuxième cas.

En considérant tous les espaces symétriques, le théorème de Hirsch et la somme des nombres de Betti, nous pouvons déterminer uniquement les polynomes de Poincaré des groupes exceptionnels F_4 et E_6. Dans les cas E_7 et E_8 il reste plusieurs cas particuliers à considérer. Ici on est amené à l'étude directe des représentations des groupes $g_1(E_6)$ et $g_2(E_7)$ qui sont respectivement le sous-groupe de groupe simple du type A à 27 variables complexes et le sous-groupe de groupe simple du type C à 56 variables complexes (7). Par un calcul, on obtient les résultats suivants : Soit $\mathfrak{I}_s$ une représentation *irréductible* correspondant au $s^{\text{ième}}$ poids fondamental (7) des groupes A_{26} ou C_{28}. Alors cette représentation $\mathfrak{I}_s$, *par rapport à* $g_1(E_6)$ est irréductible pour $s \leqq 4$ et décomposable en *deux composants* irréductibles pour $s = 5$, 6, dans le premier cas; il est, *par rapport à* $g_2(E_7)$, irréductible pour $s \leqq 5$ et réductible en deux composants pour $s = 6$, 7, dans le deuxième cas. On en détermine certains nombres de Betti des certaines espaces que l'on ne peut pas affirmer par la première considération. On obtient la liste complète des polynomes de Poincaré :

F_4 $(1+x^3)(1+x^{11})(1+x^{15})(1+x^{23})$;
E_6 $(1+x^3)(1+x^9)(1+x^{11})(1+x^{15})(1+x^{17})(1+x^{23})$;
E_7 $(1+x^3)(1+x^{11})(1+x^{15})(1+x^{19})(1+x^{23})(1+x^{27})(1+x^{35})$;
E_8 $(1+x^3)(1+x^{15})(1+x^{23})(1+x^{27})(1+x^{35})(1+x^{39})(1+x^{47})(1+x^{59})$.

Enfin, il ne semble pas inutile de remarquer que dans un groupe simple *exceptionnel* G de rang l, il n'y a aucun sous-groupe simple (de rang > 1) *appartenant aux quatre grandes classes* qui ne soit pas *homologue à zéro* dans G. En particulier, il n'y a *aucun* sous-groupe *de rang* $l-1$ ($l > 2$) qui ne soit pas homologue à zéro dans G (8).

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les sous-groupes de dimension* 3 *des groupes de Lie compacts.* Note de M. **Hans Samelson**, présentée par M. Élie Cartan.

Récemment le théorème suivant a été démontré par M. J.-L. Koszul (1) et M. E. Stiefel (non publié) : *Soit* G *un groupe de Lie compact, soit* Q *un*

(7) *Voir* la Thèse de M. Cartan, *Sur la structure des groupes*..., Paris, 1894, et aussi M. E. Cartan, *Selecta*, 1939, p. 138 et 154.

(8) E. Cartan, *Selecta*, 1939, surtout p. 255-257, aussi H. Samelson, *Annals of Math.*, 1941.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 477.

sous-groupe compact, non abélien, de dimension 3; *alors* Q *n'est pas homologue à* o *dans* G (*c'est-à-dire, le cycle fondamental de* Q *n'est pas* $\sim$ o *dans* G).

Le but de la présente Note est de donner une démonstration brève de ce théorème par voie classique. Nous utilisons, comme le fait M. Koszul, la forme différentielle au moyen de laquelle É. Cartan a démontré que le troisième nombre de Betti d'un groupe de Lie compact non abélien est différent de o. Nous indiquons une méthode de construction de cette forme. Choisissons un système de coordonnées, avec base $x_1, x_2, \ldots, x_n$, dans l'algèbre de Lie (l'espace tangent à l'élément unité e) de G, telle que la représentation adjointe soit donnée par des matrices orthogonales; construisons des formes invariantes à gauche qui satisfont à la condition $\omega_i(e, x_j) = \delta_{ij}$; dénotons les constantes de structure par c_{ijk} (c'est-à-dire $[x_i, x_j] = \Sigma c_{ijk} x_k$). Les transformations infinitésimales du groupe adjoint étant antisymétriques, le tenseur c_{ijk} est antisymétrique. La forme de Cartan γ_G est définie par $\gamma_G = \Sigma c_{ijk}\omega_i\omega_j\omega_k$; elle est zéro si et seulement si G est abélien. Le tenseur c_{ijk} étant invariant par le groupe adjoint, on trouve aisément que γ_G est une forme bi-invariante et par conséquent fermée.

Soit H un sous-groupe fermé de G, soit i l'application identique de H dans G, et soit i^* l'application associée des formes différentielles. On voit immédiatement que $i^*\gamma_G = \gamma_H$. Considérons le cas particulier où $H = Q$ est non abélien, de dimension trois. Alors γ_Q, comme forme bi-invariante, non-zéro, de dimension trois, est l'élément de volume invariant dv de Q, et nous avons

$$\int_{i(Q)} \gamma_G = \int_Q i^*\gamma_G = \int_Q dv \neq 0,$$

et Q n'est pas $\sim$ o dans G. C. Q. F. D.

L'existence d'un sous-groupe non abélien de dimension 3 dans un groupe de Lie non abélien (non résoluble) compact peut être déduite de L. P. Eisenhart ([2]), ou de Lie-Engel ([3]).

THÉORIE DES GROUPES. — *Un théorème sur les familles de transformations régulières.* Note de M. **Arrigo Finzi**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai donné, dans une Note précédente ([1]), la définition du *module k* d'une transformation T sans points invariants, définie sur une courbe fermée et celle de transformation régulière. Soit maintenant

$$x' = g(x, \theta)\cdot \tag{1}$$

([2]) *Continuous Groups of Transformations*, Princeton, 1933, p. 184, problem 8.
([3]) *Theorie der Transformationsgruppen*, Leipzig, 1893, vol. 3, p. 757.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 531.

l'équation d'une famille ∞^1 *de transformations régulières* $T(\theta)$, *dépendant d'un paramètre* θ. *Nous supposons que* $g(x, \theta)$ *possède les dérivées* $\partial g(x, \theta)/\partial x$, $\partial^2 g(x, \theta)/\partial x^2$, $\partial g(x, \theta)/\partial\theta$, $\partial^2 g(x, \theta)/\partial x\partial\theta$, *et que ces dérivées satisfassent à la condition de Lipschitz par rapport à* x *et à* θ. $k(\theta)$ *représentant le module des transformations* $T(\theta)$, *nous supposons de plus que le rapport* $[k(\theta_1)-k(\theta_2)]/[\theta_1-\theta_2]$ *soit toujours plus grand qu'une quantité positive donnée. Il existe alors une famille continue* ∞^1 *de transformations infinitésimales*

$$\xi(x, \theta)\frac{df}{dx}, \tag{2}$$

telle qu'on obtient la famille $T(\theta)$ *de transformations finies en considérant les* ∞^1 *groupes à un paramètre engendrés par* (2) *et en choisissant dans chaque groupe la transformation de paramètre* $t = 1$.

Ce théorème semble représenter le premier cas d'une proposition plus générale, dans laquelle on suppose l'existence de certaines dérivées d'ordre plus élevé pour $g(x, \theta)$, et l'on arrive à établir l'existence de certaines dérivées pour $\xi(x, \theta)$.

Nous allons indiquer rapidement la méthode de démonstration du théorème. Considérons d'abord une valeur rationnelle k_α du module, correspondant à la valeur θ_α du paramètre. On peut construire deux fonctions $\xi(x, \theta_\alpha)$ et $\xi^{(1)}(x, \theta_\alpha)$ telles que si l'on considère la famille ∞^1 de transformations infinitésimales

$$\vec{\xi}(x, \theta, \alpha)\frac{df}{dx} \equiv \xi\{(x, \theta_\alpha)+(\theta-\theta_\alpha)\xi^{(1)}(x, \theta_\alpha)\}\frac{df}{dx}$$

et les ∞^1 groupes g_1 qu'elle engendre, et que l'on considère dans chaque groupe g_1 la transformation finie de paramètre $t=1$, on obtient une famille ∞^1 de transformations finies

$$x' = \vec{g}(x, \theta, \alpha), \tag{α}$$

telle que

$$\vec{g}(x, \theta_\alpha, \alpha) = g(x, \theta_\alpha), \qquad \left[\frac{\partial \vec{g}(x, \theta, \alpha)}{\partial\theta}\right]_{\theta=\theta_\alpha} = \left[\frac{\partial g(x, \alpha)}{\partial\theta}\right]_{\theta=\theta_\alpha}.$$

La fonction $\xi(x, \theta_\alpha)$ est d'ailleurs bien déterminée. On dira que la famille (α) de transformations finies est *tangente à la famille donnée* (1) pour $\theta = \theta_\alpha$.

Soit maintenant $\bar{k}$ une valeur irrationnelle quelconque du module, correspondant à une valeur $\bar{\theta}$ du paramètre, considérons les réduites $k_1, k_2, \ldots, k_\alpha, \ldots$ du développement de $\bar{k}$ en fraction continue et les valeurs correspondantes $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_\alpha, \ldots$ du paramètre. Moyennant la considération des familles tangentes en $\ldots\theta_\alpha\ldots$, on parvient à démontrer que les fonctions

$$\xi(x, \theta_1), \quad \xi(x, \theta_2), \quad \ldots, \quad \xi(x, \theta_\alpha), \quad \ldots$$

convergent uniformément vers une fonction $\xi(x, \bar{\theta})$. Il en résulte immédiate-

ment qu'on obtient $T(\bar{\theta})$ en attribuant la valeur 1 au paramètre t dans l'équation du groupe g_1 engendré par $\xi(x, \bar{\theta})\, df/dx$. On voit bien qu'on est parvenu à construire une fonction $\xi(x, \theta)$ de deux variables x et θ telle qu'à partir de

$$\xi(x, \theta)\frac{df}{dx},$$

on obtient la famille (1) par le procédé indiqué. Il nous reste à montrer que $\xi(x, \theta)$ est continue par rapport à θ. La continuité pour les valeurs de θ correspondant aux valeurs irrationnelles du module résulte de la construction elle-même; la continuité pour les autres valeurs doit être démontrée par un raisonnement différent. On voit que, dans la démonstration, les transformations de module rationnel jouent un rôle semblable à celui des équations à noyau dégénéré dans la théorie d'Hilbert de l'équation de Fredholm.

On peut poser deux questions, qui ne sont peut-être pas sans relation réciproque : la fonction $\xi(x, \theta)$ est dérivable par rapport à x pour toute valeur de θ correspondant à une valeur rationnelle du module. Est-elle aussi dérivable pour toute autre valeur de θ? De même, la fonction $k(\theta)$ est dérivable pour toute valeur de θ correspondant à une valeur rationnelle du module. Est-elle dérivable pour toute autre valeur de θ? Il serait surtout intéressant de répondre *a priori* à cette dernière question, sans se fonder sur le théorème donné et en se passant même de la condition concernant le rapport $[k(\theta_1)-k(\theta_2)]/[\theta_1-\theta_2]$.

Je suis parvenu au théorème énoncé en tâchant de démontrer les résultats donnés dans la Note citée précédemment, résultats que j'ai ensuite réussi à établir directement. Il me semble toutefois remarquable qu'en traitant ici un problème de nature plus élevée, on arrive à un résultat beaucoup plus simple que ceux de la première Note.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'hypothèse de Riemann.*

Note (*) de M. **Miklós Mikolás**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit ρ_ν la $\nu^{\text{ième}}$ fraction de la suite de Farey d'ordre $[x]$. Le nombre de ces fractions est [$\varphi(n)$, fonction d'Euler]

$$\Phi(x)=\sum_{n=1}^{[x]}\varphi(n).$$

Si l'hypothèse de Riemann (H. R.) est exacte, la relation

$$M(x)=\sum_{n=1}^{[x]}\mu(n)=\sum_{\nu=1}^{\Phi(x)}e^{2\pi\rho_\nu i}=\sum_{\nu=1}^{\Phi(x)}\cos 2\pi\rho_\nu=o\left(x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}\right) \tag{1}$$

(*) Séance du 14 février 1949.

subsiste ([1]) pour chaque valeur positive de ε, $\mu(n)$ désignant la fonction de Möbius; et l'on a ([2]) la réciproque. Voici quelques propositions du même genre.

THÉORÈME I. — *Si* $|\lambda| < 2\sqrt{5/\zeta(3)} = 4.078\ldots$, $\lambda \neq 0$, *alors, pour la validité de l'hypothèse de Riemann* H. R., *il faut et il suffit que, pour tout* $\varepsilon > 0$

$$\sum_{\nu=1}^{\Phi(x)} e^{\lambda\rho_\nu} - \frac{e^\lambda - 1}{\lambda}\Phi(x) = o\left(x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}\right). \tag{2}$$

1. Soit $\lambda^2 < 20/\zeta(3)$, $\lambda \neq 0$. On obtient par inversion de Möbius

$$\sum_{\nu=1}^{\Phi(x)} e^{\lambda\rho_\nu} = \sum_{n=1}^{[x]} \sum_{k\leq n (k,n)=1} e^{\lambda\frac{k}{n}} = \sum_{n=1}^{[x]}{}' \sum_{d/n} \mu\left(\frac{n}{d}\right) \sum_{k=1}^{d} e^{\lambda\frac{k}{d}} = \sum_{d\delta\leq x} \mu(\delta) \sum_{k=1}^{d} e^{\lambda\frac{k}{d}}$$

$$= \sum_{d=1}^{[x]} \left(\sum_{k=1}^{d} e^{\lambda\frac{k}{d}}\right)\left(\sum_{\delta=1}^{\left[\frac{x}{d}\right]} \mu(\delta)\right) = (e^\lambda - 1)\sum_{n=1}^{[x]} M\left(\frac{x}{n}\right)\frac{e^{\frac{\lambda}{n}}}{e^{\frac{\lambda}{n}} - 1},$$

$$\sum_{\nu=1}^{\Phi(x)} e^{\lambda\rho_\nu} - \frac{e^\lambda - 1}{\lambda}\Phi(x) = (e^\lambda - 1)\sum_{n=1}^{[x]} M\left(\frac{x}{n}\right)\left(1 + \frac{1}{e^{\frac{\lambda}{n}} - 1} - \frac{n}{\lambda}\right)$$

$$= (e^\lambda - 1)\sum^{n[x]} M\left(\frac{x}{n}\right)\left[1 - \frac{1}{2} + o\left(\frac{1}{n}\right)\right] = \frac{e^\lambda - 1}{2} + o\sum^{n[x]} \frac{1}{n}\left|M\left(\frac{x}{n}\right)\right|.$$

C'est-à-dire, si l'hypothèse de Riemann est vraie,

$$\sum e^{\lambda\rho_\nu} - \frac{e^\lambda - 1}{\lambda}\Phi(x) = o(1) + o\left(x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}\sum_{n=1}^{[x]} \frac{1}{n^{\frac{3}{2}+\varepsilon}}\right) = o\left(x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}\right).$$

2. Supposons (2). La formule sommatoire d'Euler donne

$$\sum_{k=1}^{n} e^{\lambda\frac{k}{n}} = \int_0^n e^{\lambda\frac{u}{n}}du + \frac{1}{2}(e^\lambda - 1) + \frac{\lambda}{12n}(e^\lambda - 1) - \frac{\lambda^2}{n^2}\int_0^n P_2(u)e^{\lambda\frac{u}{n}}du \tag{3}$$

$$= (e^\lambda - 1)\left(\frac{\lambda}{n} + \frac{1}{2} + \frac{\lambda}{12n}\right) - \frac{n^2}{\lambda^2}\int_0^1 P_2(nt)e^{t\lambda}dt,$$

$$P_2(u) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2\cos 2k\pi u}{(2k\pi)^2}.$$

Soit $s = \sigma + i\tau$ une variable complexe. D'après (3) et l'identité

$$\sum_{\substack{k\leq n\\(k,n)=1}} e^{\lambda\frac{k}{n}} - \varphi(n)\frac{e^\lambda - 1}{\lambda} = \sum_{\frac{d}{n}} \mu\left(\frac{n}{d}\right)\left(\sum_{k=1}^{d} e^{\lambda\frac{k}{d}} - d\frac{e^\lambda - 1}{\lambda}\right),$$

([1]) J. LITTLEWOOD, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 263-266.
([2]) *Voir*, par exemple, *Landau*, *Vorlesungen*, 1927, Bd II, p. 161.

nous avons, pour $\sigma < 1$,

$$(4)\quad \frac{\lambda}{\zeta(s)}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{s+1}}\left[\frac{e^{\lambda}-1}{12}-\lambda\int_0^1 P_2(nt)e^{\lambda t}\,dt\right]=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^s}\left[\sum_{\substack{k\leq n\\(k,n)=1}} e^{\lambda\frac{k}{n}}-\varphi(n)\frac{e^{\lambda}-1}{\lambda}\right]-\frac{e^{\lambda}-1}{2}.$$

La série du premier membre est holomorphe en s pour $\sigma > 0$; la seconde série, pour $\sigma < 1/2$ en vertu de l'hypothèse (2). Il s'ensuit $\zeta(s) \neq 0$, c'est-à-dire H. R., si la première série est $\neq 0$ pour $\sigma > 1/2$. Mais

$$\int_0^1 P_2(nt)e^{\lambda t}\,dt=\frac{1}{2\pi^2}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{k^2}\int_0^1 e^{\lambda t}\cos 2k\pi nt\,dt=\frac{\lambda(e^{\lambda}-1)}{2\pi^2}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{2\pi^2 k^2(4\pi^2k^2n^2+\lambda^2)},$$

de sorte qu'il suffit de montrer que

$$(5)\quad F(s)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^{s+1}}\left\{\frac{1}{6}-\frac{\lambda^2}{\pi^2}\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{k^2(4\pi^2k^2n^2+\lambda^2)}\right\}=\zeta(s+1)\left(\frac{1}{6}-\frac{\lambda^2}{\pi^2}\sum^{n\geq 1}\frac{b_n}{n^{s+1}}\right),$$

$$b_n=\sum_{d/n}\mu\left(\frac{n}{d}\right)\sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{k^2(4\pi^2k^2d^2+\lambda^2)}.$$

n'a pas de zéros pour $\sigma > 1/2$.

Comme

$$B(u)=\sum_{n=1}^{[u]}|b_n|\leq\sum_{n=1}^{[u]}\ \sum_{d/n}\ \sum_{k=1}^{\infty}\frac{1}{k^2(4\pi^2k^2d^2+\lambda^2)}$$
$$=\sum^{[u]}\left[\frac{u}{n}\right]\sum^{\infty}\frac{1}{k^2(4\pi^2k^2n^2+\lambda^2)}<u\sum^{\infty}\frac{1}{n}\sum^{\infty}\frac{1}{k^2 4\pi^2k^2n^2}=u\,\frac{\pi^2\zeta(3)}{360},$$

on a, pour $\sigma > 0$,

$$\left|\sum_{n=1}^{\infty}\frac{b_n}{n^{s+1}}\right|\leq\sum_{n=1}^{\infty}\frac{|b_n|}{n^{\sigma+1}}=\sum_{n=1}^{\infty}B(n)(\sigma+1)\int_n^{n+1}\frac{du}{u^{\sigma+2}}$$
$$=(\sigma+1)\int_1^{\infty}\frac{B(u)}{u^{\sigma+2}}\,du<\left(1+\frac{1}{\sigma}\right)\frac{\pi^2\zeta(3)}{360},$$

d'où, pour $\sigma > (1/2)$, $\zeta(s+1)$ n'ayant pas alors de zéros

$$|F(s)|\geq|\zeta(s+1)|\left(\frac{1}{6}-\frac{\lambda^2}{\pi^2}\left|\sum_{n=1}^{\infty}\frac{b_n}{n^{s+1}}\right|\right)$$
$$>|\zeta(s+1)|\left[\frac{1}{6}-\lambda^2\left(1+\frac{1}{\sigma}\right)\frac{\zeta(3)}{360}\right]>\frac{|\zeta(s+1)|}{6}\left(1-\frac{\lambda^2\zeta(3)}{20}\right)>0.$$

La relation (2) est du type

$$\sum_{\nu=1}^{\Phi(x)}f(\rho_\nu)-\Phi(x)\int_0^1 f(t)\,dt=o\left(x^{\frac{1}{2}+\varepsilon}\right),$$

$[f(t)=e^{\lambda t}]$. Mais

THÉORÈME II. — *Une relation qui équivaudrait à H. R. s'obtient pour* $f(t)=\cos\lambda t$ *ou* $f(t)=\sin\lambda t$, *si*

$$|\lambda|<=3,432,\ldots,\lambda\neq 0,\ldots,\pm\pi,$$

ou encore en prenant $f(t)=t^2$, $f(t)=t^3$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'ordre de grandeur des fonctions sommables.* Note de M. **István Sándor Gál**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $\mathfrak{S}$ *une partie mesurable d'un espace euclidien lieu de points* x. *Supposons que pour les fonctions à valeurs complexes* $f_n(x)$; $n=1, 2, \ldots$, $|f_n(x)|^p$ *est intégrable au sens de Lebesgue dans* $\mathfrak{S}$ *pour tout* $p\geqq 1$. *Posons*

$$F(M, 0; x)=0; \qquad F(M, N; x)=\sum_{n=[M]+1}^{[M]+[N]} f_n(x),$$

où $M\geqq 0$, $N\geqq 1$ *et* $[M]$ *désigne la partie entière de* M.

On obtiendra un cas simple si l'on prend pour $\mathfrak{S}$ l'intervalle $0\leqq x\leqq 1$ et pour $f_n(x)$ la $n^{\text{ième}}$ fonction de Rademacher $r_n(x)=\operatorname{sign}\sin 2^{n+1}\pi x$. Soit

$$R_N(x)=\sum_{n=1}^{N} r_n(x).$$

Pour l'intervalle $0\leqq x\leqq 1$ et $e_n(x)=e^{2\pi i a^n x}$ (a entier positif), soit

$$E_N(x)=\sum_{n=1}^{N} e_n(x).$$

Il faut souvent évaluer l'ordre de grandeur de $|F(O, N; x)|$ pour presque toutes les valeurs de x lorsque $N\to\infty$, à partir des intégrales dépendantes de $F(M, N; x)$. Dans le cas où l'on connaît les inégalités

$$\int |F(M, N; x)|^p\,dx\leqq \Phi(M, N)$$

pour une valeur fixe de $p\geqq 1$, J. F. Koksma et l'auteur ont donné un résultat [1].

Soit $\mathfrak{P}$ *un ensemble fini ou infini de nombres positifs et supposons qu'on connaît pour tout* $p\in\mathfrak{P}$ *les inégalités*

$$\int_S |F(M, N; x)|^p\,dx\leqq \Phi_p(M, N).$$

On démontre, par exemple, que les sommes $R_N(x)$, $E_N(x)$ vérifient, pour

---

[1] *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1321-1323.

$M \geqq 0$, $N \geqq 0$; $p = 1, 2, \ldots$, les inégalités

$$(1) \qquad I_p(N) = \int_0^1 |R_{M+N}(x) - R_N(x)|^{2p}\, dx \leqq 2\left(\frac{2Np}{e}\right)^p,$$

$$(2) \qquad J_p(N) = \int_0^1 |E_{M+N}(x) - E_N(x)|^{2p}\, dx \leqq 2\left(\frac{Np}{e}\right)^p.$$

Hypothèses. — a. *Choisissons les fonctions positives* $\psi(n)$, $\varkappa_1(n)$ *et* $\varkappa_2(\lambda)$ *tendant vers l'infini avec* $n \to \infty$ *ou* $\lambda \to \infty$, *et telles que*

$$\sum_1^\infty \varkappa_1(n)^{-1} < \infty \qquad et \qquad K_\varkappa = \sum_1^\infty \varkappa_2(\lambda)^{-1} < \infty.$$

b. *Posons* $\Delta(n) = \psi(n+1) - \psi(n)$ *et soit* Λ *l'entier tel que* $2^\Lambda \leqq \Delta(n) < 2^{\Lambda+1}$.

THÉORÈME 1. — *Si la fonction* $\varphi(N)$ *vérifie les inégalités*

$$(3) \qquad \varphi(\psi(n)) \geqq \min_{(\mathfrak{T})} \left(\varkappa_1(n)\, \Phi_p(0, \psi(n))\right)^{\frac{1}{p}}$$

et

$$(4) \qquad \varphi(\psi(n)) \geqq \min_{(\mathfrak{T})} \left(\varkappa_1(n) \sum_{\lambda=1}^{\Lambda} \varkappa_2(\lambda)^p \sum_{\mu=0}^{2^{\lambda-1}-1} \Phi_p\left(\psi(n) + \mu\,\Delta(n)\, 2^{-\lambda+1}, \Delta(n)\, 2^{-\lambda}\right)\right)^{\frac{1}{p}}$$

pour toute valeur $n \geqq n_0$, *alors, presque partout dans* $\mathfrak{S}$,

$$(5) \qquad \overline{\lim_{N \to \infty}} \frac{|F(0, N; x)|}{\varphi(N)} \leqq 1 + K_\varkappa.$$

Si, comme dans le cas des fonctions de Rademacher, $\Phi_p(M, N)$ est indépendant de M, on peut remplacer l'inégalité (4) par

$$\varphi(\psi(n)) \geqq \min_{(\mathfrak{T})} \left(2\varkappa_1(n) \sum_{\lambda=1}^{\Lambda} \varkappa_2(\lambda)^p\, 2^\lambda \Phi_p\left(\frac{\Delta(n)}{2^\lambda}\right)\right)^{\frac{1}{p}}.$$

Pour pouvoir rendre l'ordre de grandeur de $\varphi(N)$ (ou le nombre $K_\varkappa$) aussi petit que possible, il faut, pour $\Phi_p(M, N)$ données, choisir $\psi(n)$, $\varkappa_1(n)$ et $\varkappa_2(\lambda)$ d'une façon convenable. Dans les deux exemples précédents, il convient de choisir $\varkappa_1(n) = (na)^{1+\varepsilon}$ et $\varkappa_2(\lambda) = 2^{\lambda/4}(e^a - 1)^{-1}$, où $0 < a < \log[1 + (\varepsilon/10)] < \varepsilon$. Par ce choix, on déduit de (5) la relation

$$(6) \qquad \overline{\lim_{N \to \infty}} \frac{|R_N(x)|}{\sqrt{2N \log\log N}} \leqq (1+\varepsilon)^2$$

et

$$(7) \qquad \overline{\lim_{N \to \infty}} \frac{|E_N(x)|}{\sqrt{N \log\log N}} \leqq (1+\varepsilon)^2$$

pour presque toutes les valeurs de x. Puisque $\varepsilon > 0$ est arbitraire, (6) équivaut à la loi du logarithme itéré. D'une façon analogue, on peut démontrer la loi

du logarithme itéré dans des cas plus généraux et aussi quelques résultats concernant la répartition modulo 1.

Un cas particulier du théorème 1 est le suivant :

THÉORÈME 2. — *Si la suite $f_n(x)$, $n = 1, 2, \ldots$, vérifie*

$$\int_0^1 |f_{M+1}(x) + \ldots + f_{M+N}(x)|^p \, dx \leqq c\, N^k$$

pour $p \geqq 1$ *fixé*, $k > 1$, $M \geqq M_0$ *et* $N \geqq 1$, *alors*

$$\sum_{n=1}^{N} f_n(x) = o\left(\sqrt[p]{N^k (\log N)^{1+\varepsilon}}\right)$$

pour presque toutes les valeurs $x \in \mathcal{S}$ *et pour tout* $\varepsilon > 0$.

Notons finalement que l'intégrale qui figure au premier membre (1) (ou (2)) est un polynome de degré p de la variable N, et que $I_p(N) \sim (2p-1)!!N^p$, $J_p(N) \sim p!N^p$ pour $N \to \infty$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Opérateurs linéaires bornés, dans un espace de Banach, pour un pôle de la résolvante.* Note (*) de M. **ALBERT TORTRAT**, présentée par M. Gaston Julia.

Posons $B = \lambda I - A$, I étant l'opérateur identité, et $L_i = B^i E$; définissons K_i par $B^i K_i = 0$. On sait que si ν est l'ordre du pôle, E l'espace en question,

$$L_\nu = B^\nu E \text{ est fermé} \quad \text{et que} \quad E = L_\nu + K_\nu \quad \text{avec} \quad B^\nu K_\nu = 0.$$

Sous l'hypothèse que K_1 est de dimension finie, on démontre que :

a. Il existe des variétés linéaires fermées E_i, de dimension finie, telles que

$$K_i = E_i + K_{i-1} \qquad i = 2, \ldots, \nu \qquad E_1 = K_1,$$

et BE_i correspond biunivoquement à E_i par B; de plus, $BE_i \subset E_{i-1}$. Donc, K_ν est de dimension finie ([1]).

b. Si $E_i = BE_{i+1} + e_i$ $\quad e_i$ et L_1 sont des variétés disjointes ($i = 1, 2, \ldots, \nu$),

et $P_1 = e_1 + e_2 + \ldots + e_\nu$ est aussi sans points communs autres que zéro avec L_1, comme $L_1 \supset L_\nu$, L_1 étant fermé, on a

$$(1) \qquad L_1 + e_1 + \ldots + e_\nu = L_1 + P_1 = E,$$

tandis que

$$(2) \qquad e_1 + Be_2 + \ldots + B^{\nu-1} e_\nu = K_1.$$

(*) Séance du 14 février 1949.

([1]) *Cf.* R. FORTET, *Thèse*; *Revista de Ciencias*, Lima, 1938.

Cette décomposition correspond exactement à la décomposition de Jordan, d'un opérateur linéaire opérant dans un espace de dimension finie, cas auquel on peut se ramener puisque K_ν est de dimension finie.

Sous l'hypothèse qu'il n'existe qu'un nombre fini au plus de vecteurs linéairement indépendants par rapport à L_1 (donc $\overline{L_1}$, le trait signifiant que l'on adjoint à l'ensemble sa fermeture), si P_1 est la variété de dimension finie qu'ils engendrent, on en déduit

$$\overline{L_1} + P_1 = E \qquad \text{puis, comme} \quad \overline{BL_1} = \overline{BL_1} = \overline{L_2}$$
$$\overline{L_1} = L_\nu + (B^{\nu-1} + B^{\nu-2} + \ldots + B)P_1,$$

K_ν est donc de dimension finie (donc L_1 fermé).

Ainsi le nombre des vecteurs zéros (c'est-à-dire des vecteurs X avec $BX = 0$) linéairement indépendants, égale celui des vecteurs linéairement indépendants par rapport à L_1, que ces deux nombres soient finis ou infinis. Si K_1 est de dimension infinie, c'est-à-dire le rang du pôle λ de la résolvante, infini, P_1 l'est aussi et réciproquement.

Dans ce cas il n'est pas, en général, possible d'établir entre K_1 et une variété de dimension maxima indépendante de L_1, une correspondance telle que celle indiquée par les relations (1) et (2) dans le cas d'un rang fini.

On voit que si λ est un pôle, il appartient nécessairement au spectre ponctuel. Dans un espace de Hilbert on ne peut être que dans le quatrième cas de Toeplitz et à l'intérieur de celui-ci dans le cas *a* de M. Julia ([2]). A ce cas appartient en particulier un projecteur, ou encore le cas classique de Fredholm.

Les propriétés précédentes, pour un pôle de rang fini de la résolvante, sont liées aussi au développement de cette dernière au voisinage d'un tel pôle. On a en effet, du moins si λ appartient à la frontière d'une portion connexe, contenant le point à l'infini, du domaine d'holomorphie de cette résolvante,

$$B = U(I - \gamma),$$

U étant un opérateur borné et d'inverse borné défini dans tout l'espace, γ un opérateur de type dégénéré (transformant E en une variété de dimension finie).

B et $I - \gamma$ admettent mêmes variétés L_1, et mêmes variétés K_1, et l'étude de $I - \gamma$ se ramène au cas où E a un nombre fini de dimensions.

Applications. — Si λ est un pôle de rang fini de la résolvante :

B établit entre V_1, variété fermée complémentaire de K_1, et L_1 (fermée), une correspondance biunivoque. On peut la prolonger entre K_1 et P_1, de façon arbitraire et l'on obtient un opérateur C partout défini, borné et admettant un inverse borné défini dans tout l'espace, tel que

$$B = P_{L_1} C = C P_{V_1},$$

([2]) Cf. *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 466.

P_{L_1} et P_{V_1} désignant des projecteurs correspondant aux deux décompositions :

$$E = L_1 + P_1, \qquad E = V_1 + K_1.$$

Dans un espace de Hilbert, ceci est encore vrai si λ est un pôle quelconque, à supposer que L_1 soit fermé. Ceci correspond à ce qu'indique M. Julia (²). Si L_1 n'est pas fermé, C est un opérateur pour lequel λ appartient au spectre continu.

C'est en vue d'applications aux problèmes que posent les chaînes de Markoff dans la théorie des probabilités, qu'ont été précisées ici ces questions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions des équations opératrices fonctionnelles entre les espaces unitaires. Solutions extrémales. Solutions virtuelles.* Note (*) de M. **Yuan-Yung Tseng**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soit $\mathfrak{M}$ un espace hilbertien de dimension quelconque (¹), réel, complexe ou quaternionique. Soient A un opérateur linéaire fermé de $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}_A$ l'ensemble des zéros de A, D_A son domaine d'existence, Δ_A son domaine des valeurs.

Théorème. — A. *Pour qu'un vecteur g appartienne à* Δ_A, *c'est-à-dire pour que l'équation* $Af = g$ *ait une solution, chacune des trois conditions suivantes est nécessaire et suffisante :*

1° *Il existe une constante* G *telle que* $|(g, h)| \leqq G(AA^*h, h)^{1/2}$ *quand* $h \in D_{AA^*}$. *Désignons par* $M(g)$ *la plus petite de ces constantes* G.

2° *Il existe une constante* $G_0 < 1$ *telle que* $|(g, h)|^2 \leqq G_0[(AA^*h, h) + |(g, h)|^2]$ *quand* $h \in D_{AA^*}$.

3° *g est orthogonal à* $\mathfrak{N}_{A^*}$ *et il existe une constante* G_1, *telle que*

$$|(g, h)| \leqq G_1(AA^*h, h)^{\frac{1}{2}} \quad \textit{quand} \quad h \in D_{AA^*} \cap (\mathfrak{M} \ominus \mathfrak{N}_{A^*}).$$

B. 1° *Lorsque* $g \in \Delta_A$, *l'équation* $Af = g$ *a une solution unique* $f_0 \in \mathfrak{M} \ominus \mathfrak{N}_A$, *qu'on peut caractériser comme la solution de norme minimum.*

2° *On a* $\|f_0\| = M(g)$.

2. Soit B un autre opérateur linéaire fermé de $\mathfrak{M}$.

Théorème. — A. *Pour que les équations* $Af = g$, $Bf = g'$ *aient une solution commune, il faut et il suffit qu'il existe une constante* G *telle que*

$$|(g, h) + (g', h')|^2 \leqq G[(AA^*h, h) + (BB^*h', h') + (A^*h, B^*h') + (B^*h', A^*h)],$$

quand $h \in D_{AA^*}$, $h' \in D_{BB^*}$. *Désignons par* $M(g, g')$ *la plus petite de ces constantes* G.

B. 1° *Lorsqu'il existe des solutions f, il en existe une seule* f_0 *dans* $\mathfrak{M} \ominus (\mathfrak{N}_A \cap \mathfrak{N}_B)$, *qu'on peut caractériser comme la solution de norme minimum.*

(*) Séance du 14 février 1949.

(¹) Cet espace a été introduit dans Tseng, *The characteristic-value problem of hermitian functional operators in a non-hilbertian space*, Thèse, Chicago, 1933.

2° *On a* $\|f_0\| = M(g, g')$.

C. f_0 *dépend du couple* $\{g, g'\}$ *par une transformation linéaire qui est continue* [*pour la métrique* $\|\{g, g'\}\|^2 = \|g\|^2 + \|g'\|^2$] *si, et seulement si, il existe une constante* G^* *avec* $\|f\|^2 \leqq G^*(\|Af\|^2 + \|Bf\|^2)$ *quand*

$$f \in D_A \cap D_B \cap [\mathfrak{M} \ominus (\mathfrak{N}_A \cap \mathfrak{N}_B)].$$

3. On dira que f est *solution virtuelle* de l'équation $Af = g$, si Af est la projection de g sur la plus petite variété linéaire fermée contenant Δ_A.

Théorème. — A. *Pour que l'équation* $Af = g$ *ait une solution virtuelle, il faut et il suffit que l'une des deux conditions suivantes, équivalentes, soit remplie :*

1° *Il existe une constante* G *telle que* $|(g, h)| \leqq G(AA^* h, h)^{\frac{1}{2}}$ *quand*

$$h \in D_{AA^*} \cap (H \ominus \mathfrak{N}_{A^*}).$$

Soit $M(g)$ *la plus petite de ces constantes* G.

2° $W^* g \in \Delta_{A^*}$ (W *désignant l'opérateur partiellement isométrique qui intervient dans la décomposition canonique* $A = WK$ *de* A *en un opérateur self-adjoint* $K \geqq 0$ *et un opérateur partiellement isométrique* W).

B. 1° *Parmi les solutions virtuelles, s'il y en a, il en existe une seule* f_0 *dans* $\mathfrak{M} \ominus \mathfrak{N}_A$, *qu'on peut caractériser comme la solution de norme minimum.*

2° $\|f_0\| = M(g)$.

4. Théorème. — *Soit* g_n *une suite de vecteurs tels que* $Af_n = g_n$ *admette une solution virtuelle de norme minimum* f_n *pour tout* n. *Supposons que* $(g_n, h) \to (g, h)$ *pour tout* $h \in D_{A^*} \cap (\mathfrak{M} \ominus \mathfrak{N}_{A^*})$. *Alors :*

1° f_n *converge faiblement si et seulement si* $\|f_n\|$ *est borné.*

2° f_n *converge fortement si et seulement si* $\lim\limits_{m \to \infty} \lim\limits_{n \to \infty} (f_m, f_n) = \lim\limits_{n \to \infty} \|f_n\|^2$.

3° *La limite de* f_n *dans les deux cas précédents, est la solution virtuelle de plus petite norme de* $Af = g$ (²).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques théorèmes dans la théorie des séries de Dirichlet.* Note (*) de M. **Yu Chia-Yung**, présentée par M. Paul Montel.

1. On considère une fonction entière définie par une série de Dirichlet

$$(1) \qquad \Phi(z) = \Sigma c_n e^{\lambda_n z}, \qquad \lambda_{n+1} > \lambda_n, \qquad \lambda_1 \geqq 0, \qquad z = x + iy, \qquad n = 1, 2, \ldots,$$

où

$$(2) \qquad \overline{\lim_{n=\infty}} \frac{\log n}{\lambda_n} = D < \infty.$$

(²) Pour d'autres applications des présentes méthodes, *cf.* Tseng, *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 28, 1942, p. 170-175.

(*) Séance du 14 février 1949.

M. Ritt [1] définit l'*ordre linéaire* τ de $\Phi(z)$ et, si $0 < \tau < \infty$, le *type de son ordre linéaire*. On peut également définir la *croissance linéaire régulière et la croissance linéaire parfaitement régulière* comme dans le cas de la série de Taylor. M. Ritt [2] donna la condition nécessaire et suffisante concernant $|c_n|$ pour que $\Phi(z)$ soit d'ordre linéaire fini τ. Suivant la méthode de M. Lindelöf, on démontre les propositions suivantes :

I. *Si $\Phi(z)$ est du type σ de l'ordre linéaire fini τ, on a*

$$\alpha \leqq \sigma \leqq (\tau D e^{\tau D+1} + 1)\alpha \quad \text{où} \quad \alpha = \overline{\lim_{n=\infty}} \left(\frac{\lambda_n}{\tau e}\right)(\sqrt[\lambda_n]{C_n})^\tau, \qquad C_n = |c_n|.$$

I'. *Si* $D = 0$, *la condition nécessaire et suffisante pour que la fonction $\Phi(z)$ d'ordre linéaire fini $\tau > 0$ soit du type σ est que* $\overline{\lim\limits_{n=\infty}} (\lambda_n/\tau e)(\sqrt[\lambda]{C_n})^\lambda = \sigma$.

II. *La condition nécessaire et suffisante pour que la fonction $\Phi(z)$ d'ordre linéaire fini τ soit à croissance linéaire régulière est que l'on puisse trouver une suite croissante d'indices n_p telle que* $\lim\limits_{p=\infty} (\log C_{n_p}/\lambda_{n_p} \log \lambda_{n_p}) = -1/\tau$, $\lim\limits_{p=\infty} (\log \lambda_{n_{p+1}}/\log \lambda_{n_p}) = 1$ $(-1/\tau = -\infty \text{ si } \tau = 0)$.

III. *Si* $D = 0$, *la condition nécessaire et suffisante pour que la fonction $\Phi(z)$ du type σ de l'ordre linéaire fini τ soit à croissance linéaire parfaitement régulière est que l'on puisse trouver une suite croissante d'indices n_p telle que*

$$\lim_{p=\infty} \left(\frac{\lambda_{n_p}}{\tau e}\right)(\sqrt[\lambda_{n_p}]{C_{n_p}})^\tau = \sigma, \qquad \lim_{p=\infty} \left(\frac{\lambda_{n_{p+1}}}{\lambda_{n_p}}\right) = 1.$$

2. Dans une Note, M. Valiron [3] étudia les *lignes de Borel* de la fonction d'ordre linéaire positif $\Phi(z)$ en y associant une série de Dirichlet ayant une abscisse finie de convergence absolue. On peut étudier le problème inverse. Considérons une série de Dirichlet $f(z) = \Sigma b_n e^{\lambda_n z}$, $(\lambda_{n+1} > \lambda_n, \ \lambda_1 \geqq 0, \ n = 1, 2, \ldots)$, ayant une abscisse finie de convergence absolue $x_a(f) = C$, où λ_n vérifie (2). Soit $V(t)$ une fonction croissante continue définie pour $t \geqq 1$ et telle que $V(t) \geqq e^{kt}$, $k = \text{const.} > 0$, et que

$$\Omega(u) = \int_1^\infty \frac{e^{ut}}{w(t)}\, dt < \infty$$

pour tout $u \geqq 0$, où $w(t) = \exp[V(t)]$. On voit que $V(t)/t$ tend vers ∞ avec t et l'on suppose qu'elle soit non décroissante. Si l'on *ne peut pas* tirer de la suite $\{\lambda_n\}$ une suite $\{\lambda_{n_p}\}$, telle que $\lim\limits_{p=\infty} (\log \lambda_{n_{p+1}}/\log \lambda_{n_p}) = 1$, on construit une suite croissante $\{\mu_m\}$ remplaçant $\{\lambda_n\}$ par l'interpolation des nombres dans $\{\lambda_n\}$

---

(1) *Amer. Journ. of Math.*, 50, 1928, p. 77.

(2) Remarquer que l'énoncé de M. Ritt n'était pas correct. Comparer M. MANDELBROJT, *Dirichlet series* (*Rice Institute Pamphlet*, 31, n° 4, 1944, p. 217).

(3) *Proc. of the Nat. Acad. of Sc.*, 20, 1934, p. 211-215.

telle que $\lim_{m=\infty}(\mu_m/\mu_{m-1})=1$ et que $\lim_{m=\infty}(\log m/\mu_m)=H<\infty$. On trouve que les fonctions $\Psi(z)=\Sigma[e^{\mu_m z}/\Omega(\mu_m)]$ et $F(z)=\Sigma[b_n e^{\lambda_n z}/\Omega(\lambda_n)]$ sont des fonctions entières du même ordre linéaire $\tau\geqq k>0$ et que, si petit que soit $\varepsilon>0$, on a $M(x, F)<\Psi(x-C+\varepsilon)$ pour $x>x(\varepsilon)$, où $M(x, F)$ est la borne supérieure des nombres $|F(x+iy)|$, $-\infty<y<\infty$. D'après la méthode de M. Valiron, en écrivant $f(z)$, $(x<C)$ et $\Sigma e^{-\mu_m(h+H)}$ ($h=$ const. >0), en deux intégrales et en les comparant, on démontre les théorèmes suivants :

IV. *Si $z_0=x_0+iy_0$ est une singularité de $f(z)$ provenant du prolongement analytique le long d'une droite horizontale et si $F(z)$ est d'ordre linéaire fini $\tau\geqq k>0$, il existe une ligne de Borel de $F(z)$ dans la bande $|y-y_0|\leqq\pi/2\tau$ pourvu que $\lim_{u=\infty}[\Omega(u)/u\log u]$ existe.*

V. *Si z_0 est une singularité définie ci-dessus et si $F(z)$ est d'ordre linéaire infini, la droite $y=y_0$ est une ligne de Borel d'ordre linéaire $\log\Psi(x)$ pourvu que $\lim[\log\Psi(x-l)/\log\Psi(x)]=0$ pour tout $l>0$.*

Dans le cas de l'ordre linéaire infini, pour construire la fonction $\Psi(x)$ il n'est jamais nécessaire d'introduire la suite $\{\mu_m\}$ au lieu de la suite $\{\lambda_n\}$.

3. On utilise la méthode de sommation de M. M. Riesz ([4]). La série

$$\mathcal{E}_\tau(z)=\Sigma\left[\frac{e^{\mu_m z}}{\Gamma\left(1+\frac{\mu_m}{\tau}\right)}\right],\qquad \tau>0$$

définit une fonction entière d'ordre linéaire fini τ à croissance linéaire régulière. A la fonction $f(z)$ on associe la fonction

$$\mathcal{F}_\tau(z)=\Sigma\left[\frac{b_n e^{\lambda_n z}}{\Gamma\left(1+\frac{\lambda_n}{\tau}\right)}\right],$$

qui est de même une fonction entière d'ordre linéaire τ. Par un raisonnement analogue à celui du n° 2, on établit le théorème suivant :

VI. *Si z_0 est une singularité de $f(z)$ définie ci-dessus, il existe une ligne de Borel de $\mathcal{F}_\tau(z)$ dans la bande $|y-y_0|\leqq\pi/2\tau$.*

Réciproquement, étant donnée une fonction entière du type 1 de l'ordre linéaire fini $\tau>0$, $\mathcal{G}_\tau(z)=\Sigma a_n e^{\lambda_n z}$, $(\lambda_{n+1}>\lambda_n,\ \lambda_1\geqq 0,\ n=1, 2, \ldots)$, où la condition (2) est vérifiée avec $D=0$. On trouve que l'abscisse de convergence absolue de la série $g(z)=\Sigma a_n\Gamma[1+(\lambda_n/\tau)]e^{\lambda_n z}$ est $x_a(g)=0$. Suivant le raisonnement ci-dessus, on démontre que :

VII. *Si $z_0=x_0+iy_0$ est une singularité de $g(z)$ définie comme ci-dessus, il existe une ligne de Borel de $\mathcal{G}_\tau(z)$ dans la bande $|y-y_0|\leqq(\pi/2\tau)$.*

([4]) *Voir*, par exemple, M. S. BERNSTEIN, *Séries de Dirichlet*, Paris, 1933, p. 184.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Décomposition en feuillets des surfaces de Riemann de type parabolique*. Note de M. **Léonce Fourès**, présentée par M. Paul Montel.

I. *Une conséquence du théorème de W. Gross.* — Nous considérerons une surface de Riemann $(\mathcal{R})$ simplement connexe, de type parabolique, uniformisée par une fonction $z=\varphi(w)$ qui la représente biunivoquement sur le plan z privé du point à l'infini. $\mathcal{E}_{w,z}$ représente l'élément de la fonction analytique $z=\varphi(w)$ qui au point w prend la valeur z. Nous utiliserons dans ce qui suit le théorème de Gross sous la forme que lui a donnée M. Nevanlinna ([1]). Si $\mathcal{E}_{w_0,z_0}$ est un élément régulier de $z=\varphi(w)$, il existe dans tout angle

$$\theta_1 < \arg(w-w_0) < \theta_2,$$

une demi-droite

$$\arg(w-w_0)=\theta \qquad (\theta_1<\theta<\theta_2),$$

suivant laquelle le prolongement radial de $\mathcal{E}_{w_0,z_0}$ est possible jusqu'à $w=\infty$. Soit alors $\mathcal{F}$ la famille dénombrable des éléments réguliers $\mathcal{E}_{w,z}$ pour lesquels w a ses coordonnées rationnelles. Rangeons ces éléments en une suite

$$E_1,\ E_2,\ \ldots,\ E_n,\ \ldots, \quad \text{de centres} \quad W_1,\ W_2,\ \ldots\ W_n,\ \ldots.$$

Soient C_0 un domaine convexe borné du plan w, $\overline{C}_0$ sa fermeture. Si $W_1 \notin \overline{C}_0$ il existe dans l'angle que font les deux tangentes issues de W_1 à C_0, une demi-droite Δ_0 suivant laquelle le prolongement de E_1 est possible jusqu'à $w=\infty$. Les points de contact des tangentes à C_0 issues de W_1 partagent la périphérie de C_0 en deux arcs dont l'un γ_0 est le plus éloigné de W_1. On peut déterminer à partir de Δ_0, un angle A_1 de sommet W_1, d'ouverture $\alpha_1>0$, contenant Δ_0 et dans l'intérieur et sur la frontière duquel le prolongement radial de E_1 est possible jusqu'aux points de γ_0 intérieurs à A_1, inclusivement. L'intersection $C_0 \cap A_1$ est un domaine convexe C_1 dans lequel E_1 est prolongeable radialement (dans C_1 et sa frontière, soit $\overline{C}_1$).

Si $W_1 \in \overline{C}_0$ et si E'_1 désigne un cercle de rayon inférieur à celui du cercle de convergence de E_1 dans le plan w, l'intersection $C_0 \cap E'_1$ est un domaine convexe C_1; E_1 est prolongeable radialement dans $\overline{C}_1$.

On définira à partir de C_1 et E_2 un nouveau domaine C_2, de la même façon que C_1 a été défini à partir de C_0 et E_1. En continuant l'opération on obtiendra une suite de domaines convexes (dont aucun ne se réduit à sa frontière) ordonnés par inclusion (au sens large)

$$C_0 \supseteq C_1 \supseteq C_2 \supseteq \ldots \supseteq C_n \supseteq \ldots.$$

([1]) *Eindeutige analytische Funktionen*, 1936, p. 276.

Ces domaines ont au moins un point commun Ω; tout élément $E_i(\in \mathcal{F})$ est prolongeable radialement jusqu'au point Ω inclusivement et y définit un élément $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_i}$. Certains de ces éléments peuvent être identiques.

II. *Les étoiles d'holomorphie des* $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_i}$. — Le théorème de Gross permet de construire l'étoile d'holomorphie de $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_i}$: c'est un domaine plan, simplement connexe, ne se recouvrant pas. L'étoile et son adhérence couvrent tout le plan w. Ses courbes-frontières sont des demi-droites

$$\arg(w-\Omega)=\theta_i \qquad (|w-\Omega| \geqq r_i),$$

les indices i sont pris sur un ensemble qui peut avoir la puissance du continu. La fonction $z=\varphi(w)$ représente cette étoile sur un domaine δ simplement connexe dont tous les points-frontières sont accessibles de l'intérieur. Dans $\overline{\delta}$, la fonction $w=f(z)$ inverse de $z=\varphi(w)$ prend toute valeur, sauf peut-être un ensemble de valeurs w formant un système de demi-droites disjointes. Le mode de construction de ces étoiles sera indiqué ultérieurement.

III. *Construction des feuillets de la surface de Riemann.* — Considérons dans le plan z, l'ensemble dénombrable des domaines δ_i construits à partir des $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_i}$. Les δ_i sont des domaines complets d'univalence pour la fonction $w=f(z)$. Deux domaines δ_i et δ_j ne peuvent avoir de points intérieurs communs.

Dans toute portion du plan z il pénètre au moins un domaine δ_i. Considérons en effet une portion $\mathcal{U}$ du plan z assez petite pour que son image $\mathcal{V}$ sur $(\mathcal{R})$ soit à un feuillet. Pour aussi petit que soit $\mathcal{U}$, son image $\mathcal{V}$ contient des points $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n \ldots$ à coordonnées rationnelles dont les images dans $\mathcal{U}$ sont $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_n, \ldots$

Tout élément $\mathcal{E}_{\eta_j,\zeta_j} \in \mathcal{F}$, donc est prolongeable radialement jusqu'à Ω où il détermine un élément $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_k}$ à partir duquel on a construit une étoile dont l'image δ_k contient $\zeta_j(\in \mathcal{U})$ comme point intérieur.

δ_i étant caractérisé par l'élément $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_i}$ de l'étoile duquel il est l'image, peut-on déterminer à quel domaine δ_i appartient un point z du plan ?

Si $w=f(z)$ est à coordonnées rationnelles $\mathcal{E}_{w,z} \in \mathcal{F}$ et z est intérieur à un δ_i immédiatement déterminé; si $\mathcal{E}_{w,z}$ est prolongeable jusqu'à Ω (inclusivement) suivant le segment $\overline{w\Omega}$, l'élément $\mathcal{E}_{\Omega,\omega'}$ obtenu par ce prolongement contient des points à coordonnées rationnelles, centres d'éléments de $\mathcal{F}$ dont $\mathcal{E}_{\Omega,\omega'}$ est le prolongement immédiat, donc $\mathcal{E}_{\Omega,\omega'}$ est de la famille $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_i}$ et z est encore point intérieur d'un δ_i déterminé simplement.

Supposons donc $\mathcal{E}_{\omega,z}$ non prolongeable suivant le segment $\overline{w\Omega}$ jusqu'à Ω. On introduit alors une suite de points $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_n, \ldots$ tendant vers z, dont les images $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n, \ldots$ soient à coordonnées rationnelles. Si tous les éléments $\mathcal{E}_{\eta_i,\zeta_i}$ conduisent par prolongement radial au même élément $\mathcal{E}_{\Omega,\omega_j}$ on montre que z est un point-frontière (accessible) du domaine δ_j. Si enfin les $\mathcal{E}_{\eta_i,\zeta_i}$ ne conduisent jamais à partir d'un certain rang à un élément unique $\mathcal{E}_{\Omega,\omega}$,

z fait partie d'une courbe Γ limite de frontières de domaines δ_k. C'est le cas de division impropre mis en évidence par M. Valiron pour la fonction $w=(e^z-1)/z+1$ (²).

Pour que cette fonction, et le mode de découpage en domaines d'univalence indiqué dans ce dernier mémoire rentrent dans la méthode générale ci-dessus, il suffit de prendre comme famille $\mathcal{F}$ les éléments dont les centres sont de la forme $w=\rho+i\sqrt{2}+1$, ρ', où ρ et ρ' sont rationnels. L'origine est alors point Ω dans le plan w.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Convexité et double courbure des orthosurfaces.* Note (*) de M. **Jean Mirguet**, présentée par M. Élie Cartan.

1. La limitation à un nombre fini, en chaque point, des paratingentes de rang supérieur au premier, caractérise une classe importante (soit Γ) d'orthosurfaces (¹) proposée par M. G. Bouligand (²) dans l'esprit de son lemme d'univocité. Il est remarquable qu'à son tour cette limitation puisse être précisée, sur les orthosurfaces Γ, par différentes structures locales très générales; ce dont les points à courbures opposées donnent un exemple : nous avons montré, en effet, que, pour les variétés de (Γ) dont le paratingent de rang >1 existe partout (³), *ce paratingent supérieur se réduit, aux points ni d'appui, ni limites d'appuis, soit à deux droites* (points à double courbure non dégénérée), *soit à une seule* [points que nous désignerons par (τ)]; par un point M d'espèce (τ) passe un plan indéfiniment sécant π, tel que le sous-ensemble ouvert de la surface, situé d'un des côtés de π, n'admet en M qu'une ou deux demi-tangentes (opposées si elles sont deux).

Par contre, si l'absence d'appui régularise le nombre des paratingentes de rang >1, la présence indéfinie du même appui autour d'un point permet tous les imprévus pour ce même nombre fini. Exemple : $Oxyz$ étant un trièdre trirectangle et n un entier pair, l'ensemble des points

$$z\geqq 0,\qquad x^2+z^2=1\qquad \text{pour}\quad |y|\leqq|x|\operatorname{tg}\frac{\pi}{2n},$$
$$z\geqq 0,\qquad y^2+z^2=1\qquad \text{pour}\quad |y|\geqq|x|\operatorname{tg}(n-1)\frac{\pi}{2n},$$

(²) *Journ. de Math.*, 9, 1940, p. 354.

(*) Séance du 7 février 1949.

(¹) G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1932, § 82, p. 82 (*cf.* J. Mirguet, *Ann. Scient. de l'Éc. Norm. Sup.*, 51, 1934, p. 225).

(²) *Bulletin de l'Ac. Polonaise des Sc. et Lettres*, 1930, p. 412.

(³) J. Mirguet, *La Revue Scientifique*, 85ᵉ année, Fasc. 2, *Les paratingents supérieurs des orthosurfaces*, p. 69, § 7-10.

et des points obtenus par rotation des précédents de π/n, $2\pi/n$, ..., $((n/2)-1)\pi/n$ autour de Oz, est une orthosurface, partout d'appui et à paratingent supérieur fini, qui admet $n/2$ paratingentes de rang >1 à l'origine.

2. Sur les orthosurfaces (Γ), l'incompatibilité entre les domaines ouverts, soit à véritable double courbure, soit au contraire convexes au sens large (partout d'appui) incite à mesurer le degré de cette incompatibilité. Nous effectuerons cette comparaison pour une famille simple d'orthosurfaces définie par une condition particulière du paratingent circulaire ([1]). Soit un champ d'une orthosurface à paratingent supérieur fini, dans lequel la courbure de tout triplet, dont le plan reste parallèle à une droite Δ *partout exclue* du paratingent$_1$ linéaire, n'admet jamais que des limites bornées quand les trois éléments du triplet tendent simultanément vers un même point du champ; dans ce champ ouvert, le contingent est partout un plan; il peut exister des points à plan tangent d'appui (points α) et des points à plan tangent sécant avec véritable double courbure (points β); *tout autre point est limite de l'ensemble* $(\alpha+\beta)$: en effet, soit M un point non limite de $(\alpha+\beta)$: d'après le paragraphe 1, c'est un point à plan tangent d'espèce (τ); désignons par δ une droite du plan tangent en M qui ne soit pas paratingente de rang >1 en M; par M_i le point, unique au voisinage de M, de l'intersection absolument convexe γ_i de la surface par un plan parallèle à Δ et à δ, où la tangente est parallèle à δ; par A_i et B_i les points éventuels où γ_i rencontre le plan tangent en M; enfin, par C_i le point où la parallèle à Δ, menée par M_i, perce le plan tangent en M. La limite, pour $\gamma_i \to M$, du rapport $M_iC_i/(A_iC_i)^2$ est finie, et, en vertu du dispositif réalisé en chaque point (τ), la limite du second rapport $M_iC_i/(MC_i)^2$ est nulle. Donc, la courbure d'une section droite K du cylindre engendré par la tangente à γ_i en M_i est unique et nulle sur δ.

Par suite, si M n'était pas limite de $(\alpha+\beta)$, chaque point M_i, assez voisin de M, serait, comme M, d'espèce (τ), avec une paratingente de rang >1 unique, qui serait la tangente au lieu des M_i; le précédent raisonnement donnerait, en chaque point M_i, les mêmes conclusions qu'en M, tandis que la section droite K conserverait, en chaque point M_i, le même rôle qu'elle avait en M; K serait donc une droite. Comme le cylindre est d'appui pour la surface, au voisinage de chaque M_i, la réduction de ce cylindre à un plan exigerait que chaque M_i soit d'appui, ce qui serait contradictoire.

3. Le critère cherché pour le degré d'incompatibilité peut donc, par contraction des précédents résultats, s'énoncer :

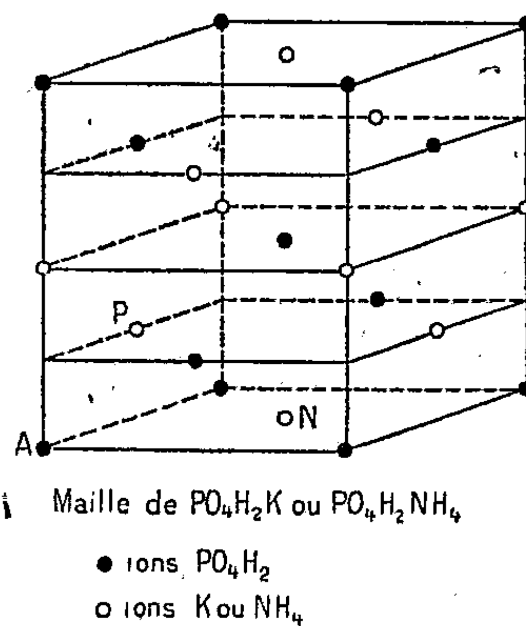
Sur une orthosurface à paratingent supérieur fini et à courbures bornées, la fermeture de l'ensemble des points à véritable double courbure est équivalente à l'ensemble des points où l'appui est non dense.

([1]) G. BOULIGAND, *Mémoires de la Soc. Roy. des Sc. de Liége*, 19, 1934, fasc. 4, p. 54.

En effet, si un point est limite de la véritable double courbure, il est limite de points qui ne sont ni d'appui, ni limite d'appuis (puisque la véritable double courbure est une propriété *intérieure*). Inversement, un point qui n'est ni d'appui, ni limite d'appuis est, ou bien d'espèce β, ou bien limite des points d'espèce β (d'après le § 2); donc, si en un point l'appui est non dense, ce point est limite de points d'espèce β.

ÉLASTICITÉ. — *Remarques sur l'énergie potentielle du phosphate monoammonique. Applications au calcul des coefficients de Poisson et des constantes de liaison.* Note (*) de M. **Jean Chapelle**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Le phosphate d'ammonium appartient au groupe V_d^{12}, qui dérive du groupe fini $S4u$. La figure ci-contre représente dans la maille élémentaire les centres de gravité des différents ions. Nous appellerons a, a, c les paramètres de la maille. Le motif cristallin est constitué par les ions A, E, P, N deux à deux symétriques par rapport à un axe binaire.



Maille de PO_4H_2K ou $PO_4H_2NH_4$
● ions PO_4H_2
○ ions K ou NH_4

2. Nous supposerons que les ions exercent les uns sur les autres des forces centrales. On peut alors décomposer l'énergie du cristal en deux parties : l'énergie coulombienne et celle due aux forces de répulsion qui s'exercent entre les ions voisins. Lorsqu'on suppose que les forces de répulsion sont proportionnelles à $1/r^9$ (r étant la distance de deux ions), on constate que l'énergie due aux forces de répulsion est le $1/10$ de l'énergie coulombienne. Il en résulte que lorsqu'on déforme le cristal, 90 % environ de l'énergie de déformation sont dus aux forces de répulsion.

On peut alors se borner, pour évaluer l'énergie de déformation, aux forces exercées entre ions voisins. Nous supposerons que cette énergie de déformation

(*) Séance du 7 février 1949.

est, quelle que soit la nature de la déformation, de la forme $U = \Sigma(1/2)k\,\Delta r^2$ avec :

$\Delta r =$ variation de distance entre deux ions voisins;

$k =$ constante élastique particulière à chaque liaison.

Cette formule est rigoureuse dans le cas d'un réseau linéaire; on peut montrer que dans le cas envisagé elle constitue une approximation légitime.

Nous ferons intervenir les constantes suivantes : k_1 entre A et E, k_2 entre A et N, k_3 entre A et Q, k_4 entre A et P, k_5 entre P et Q.

L'énergie de la maille soumise à une déformation peut s'exprimer à partir des constantes élastiques et à partir des constantes k, ce qui donne le moyen de relier ces deux grandeurs entre elles. Les relations obtenues sont les suivantes :

(1) $$k_2 = \frac{c.c_{66}}{2},$$

(2) $$k_3 = \frac{a^2}{2c.s_{33}},$$

(3) $$K = k_1 + 2k_4 + k_5 = \frac{64k_3c^2\rho^2}{16a^2ck_3\chi - (4a^2 - c^2)(2a^2 - c^2)},$$

(4) $$K = -\frac{16k_3}{c}\cdot\frac{2\rho^2}{\frac{c}{2} + \frac{a^2}{c\sigma_{31}}(1 + \sigma_{21})},$$

(5) $$\begin{vmatrix} k_1a^2(2 - A) + k_4a^2(1 + A) + 4k_2\rho^2 & -k_1a^2A + k_4a^2(1 + A) - 4k_2\rho^2 \\ -k_5a^2A + k_4a^2(1 + A) - 4k^2\rho^2 & k_5a^2(2 - A) + k_4a^2(1 + A) + 4k_2\rho^2 \end{vmatrix} = 0,$$

avec $\chi =$ coefficient de compressibilité

$$\sigma_{31} = \frac{s_{13}}{s_{11}}, \qquad \sigma_{21} = \frac{s_{12}}{s_{11}}, \qquad A = \frac{ck_4}{4\rho^2c_{44} - k_4c}, \qquad \rho^2 = \frac{a_2}{4} + \frac{c^2}{16}.$$

Il serait nécessaire d'avoir une relation supplémentaire pour déterminer toutes les constantes k.

III. Les coefficients de Poisson $\sigma_{ik} = s_{ik}/s_{kk}$ (1) peuvent être calculés à partir des constantes c_{ii} ou s_{ii} et du coefficient de compressibilité χ. Le tableau ci-dessous indique les valeurs expérimentales et théoriques qu'on peut déduire des mesures de Zwicker (2)

	σ_{13}.	σ_{31}.	σ_{12}.
Théorique..................	−0,25	−0,58±0,12	0,07±0,16
Expérimental...........	−0,28±0,05	−0,67±0,12	0,07±0,07

Les résultats obtenus montrent que l'approximation faite dans l'expression de l'énergie potentielle de ce cristal est valable.

(1) Les notations utilisées sont celles employées par Cady (*Piézoélectricity*, 1946).

(2) *Helvetica Physica acta*, 19, 1946, p. 523-549.

IV. Résultats numériques à partir des mesures de Zwicker :

[1] donne $k = (0,22 \pm 0,02)\,10^4$ C.G.S.
[2] donne $k = (0,82 \pm 0,10)\,10^4$ »
[3] donne $K = (4,74 \pm 1,12)\,10^4$ »
[4] donne $K = (7,9 \pm 2,7)\,10^4$ »

La comparaison des deux valeurs obtenues pour K conduit à

$$K = (5,6 \pm 0,4)\,10^4.$$

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Les lois du frottement dans le film liquide d'épaisseur minimum.* Note de M. **André Marcelin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous savons qu'entre les régimes extrêmes du frottement lubrifié : régime fluide ou *hydrodynamique* (vitesses rapides); régime des *stratofilms* (vitesses lentes, film écrasé), s'intercale un autre régime de frottement auquel nous avons donné le nom de régime du *film liquide minimum* (1).

Les caractéristiques du *film liquide minimum* : épaisseur (de l'ordre du micron) et résistance statique à l'écrasement (de l'ordre de 100^{kg} par centimètre carré pour une huile de viscosité moyenne) ayant été déterminées pour des huiles de diverses viscosités, il restait à établir les lois du frottement dans ce régime comparativement à la loi Amontons-Coulomb qui régit le frottement dans le régime des *stratofilms* (frottement proportionnel à la charge et indépendant de la surface de portée) et à la loi de Newton qui régit le frottement dans le régime *hydrodynamique* (frottement proportionnel à la viscosité).

La mesure du couple de frottement dans le régime du *film liquide minimum* présente des difficultés en raison de la valeur peu élevée de ce couple, du même ordre de grandeur que l'incertitude qui peut subsister sur la position du o du frictiographe; cette difficulté a été levée en faisant tourner le frictiographe, alternativement dans un sens et dans le sens inverse, et en prenant pour ordonnée du frottement la différence entre les ordonnées inscrites sur les frictiogrammes dans l'un et l'autre cas (diamètre de l'arbre 32^{mm}, longueur de la bague 30^{mm}, jeu diamétral $0^{mm},1$).

Il va de soi que l'ordonnée du frottement sur *film liquide minimum* doit être mesurée à très faible vitesse, à l'instant même où le *film minimum* vient de se former ou est sur le point de se rompre, de telle façon que le frottement *hydrodynamique* intéressant le pourtour de la bague en dehors de la région de pseudo-contact entre l'arbre et la bague soit négligeable. Cette condition est parfaitement réalisée lorsque le *film minimum* tient jusqu'à l'arrêt sans se rompre, ce qui a lieu lorsque la charge est peu élevée et la viscosité suffisante. Nous nous sommes placé dans de telles conditions.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 225; 226, 1948, p. 1584 et 1978.

Type de l'huile.	Viscosité à 15° en centistokes.	Charge sur l'arbre en kilogrammes.			
		104kg.	208kg.	312kg.	416kg.
$V_{4,5}$	270	0,43	0,48	0,55	0,50
V_{10}	600	0,45	0,52	0,47	0,43
V_{20}	1600	0,32	0,43	0,37	0,30
		Couples de frottement.			

Les résultats obtenus permettent de dégager les lois du frottement dans le régime du *film liquide minimum* :

1° le frottement est indépendant de la charge, celle-ci variant de 104 à 416kg;

2° le frottement diminue très légèrement lorsque la viscosité augmente (la loi de Newton, en régime *hydrodynamique*, donne au contraire une augmentation du frottement proportionnelle à la viscosité); si l'on excepte les huiles très épaisses V_{20}, il est même indépendant de la viscosité.

Ainsi se confirme que le régime du *film liquide minimum* est distinct des deux autres, puisqu'il est régi par des lois qui lui sont propres, profondément différentes de la loi de Amontons-Coulomb et de la loi de Newton.

Ces résultats paraissent devoir être rapprochés de ce que le frottement, dans le *film liquide minimum*, doit s'exercer dans un film formé exclusivement par des molécules associées et plus ou moins polarisées, l'association prenant racine sur la surface métallique, et l'épaisseur du *film liquide minimum* mesurant précisément la profondeur de l'association à partir de la surface; au sein du liquide proprement dit, au contraire l'association est dispersée et de caractère statistique.

Il restera à déterminer, au moyen du microfilmomètre spécialement équipé à cette fin, la loi du frottement dans le *film liquide minimum* en fonction de la vitesse.

AÉRODYNAMIQUE. — *Nouvelles sondes de pression statique pour mesures aérodynamiques.* Note (*) de MM. **Henry Girerd** et **Paul Guienne**, présentée par M. Joseph Pérès.

Le procédé utilisé d'ordinaire pour mesurer la pression sur un profil d'aile d'avion, en vol ou en soufflerie, nécessite le perçage de trous dans la surface, et l'installation de tuyaux à l'intérieur de l'aile. Les nouvelles sondes que nous avons mises au point permettent d'obtenir le même résultat en opérant à l'extérieur de l'aile, grâce à la propriété qu'elles possèdent, d'être insensibles aux variations d'orientations dans un domaine étendu.

On s'en rendra compte sur la figure 1 qui montre les faibles variations d'indication de la sonde pour divers écarts angulaires autour de la position normale.

(*) Séance du 14 février 1949.

On constate, en particulier, la très nette supériorité de la sonde actuelle sur celle de Prandtl.

La sonde est constituée par un tube métallique, aplati à l'une de ses extrémités de façon à former un dièdre de 12°. Sur chaque face du dièdre est percé un trou, à une distance de l'arête égale au diamètre initial du tube (*fig.* 1).

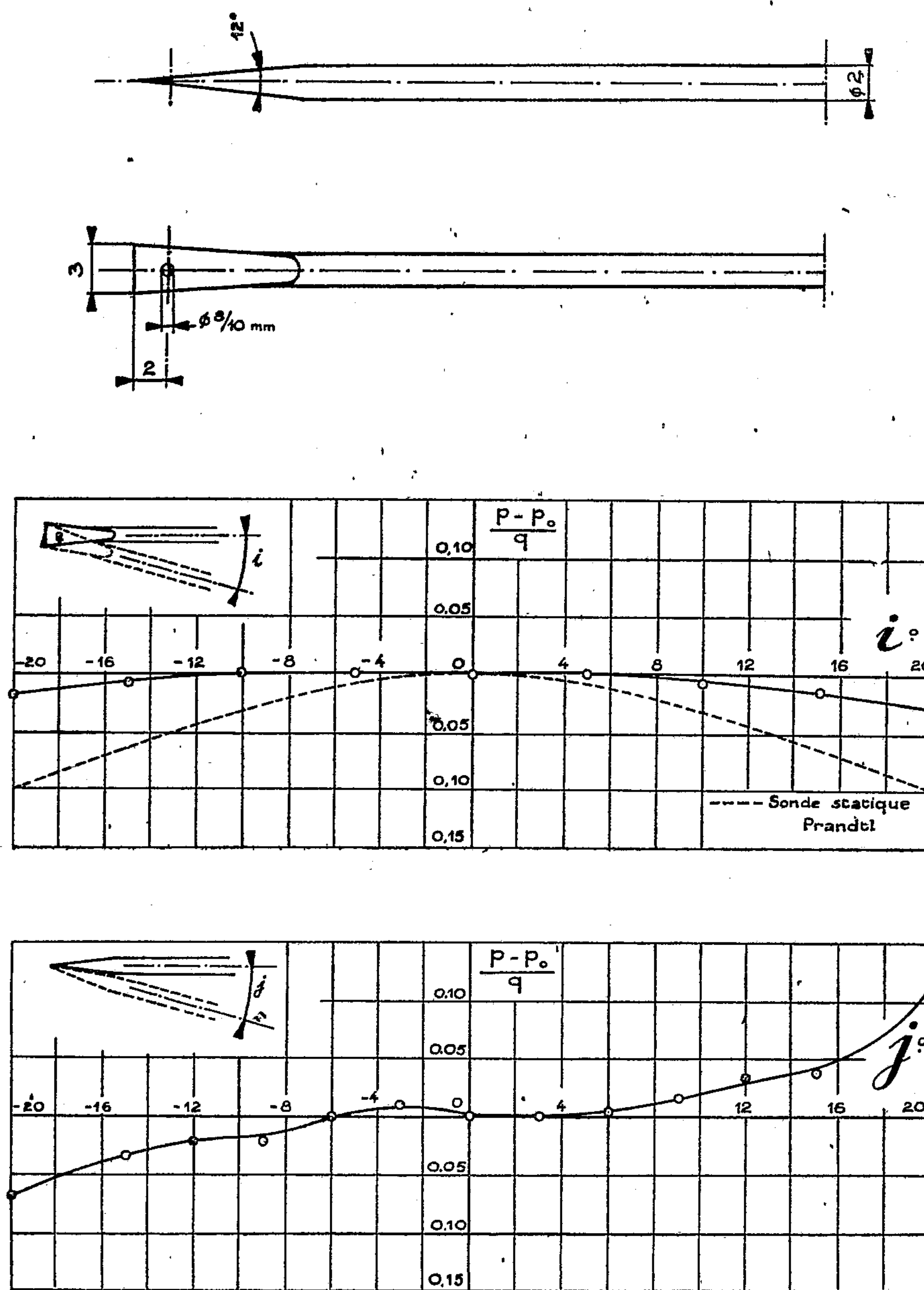


Fig. 1.

Les essais ont montré que cette sonde avait les propriétés suivantes :

1° Elle indique la pression exacte, à 1 % de la pression dynamique près, lorsque son axe est parallèle à la vitesse.

2° Elle n'est pas sensiblement influencée par les écarts d'orientation d'une dizaine de degrés; elle peut donc être utilisée même dans les écoulements à trois dimensions (*fig.* 1).

3° Elle permet de faire des mesures à moins de 1^{mm} d'une paroi, sans que l'effet d'interaction soit sensible.

4° Son encombrement est faible; nous avons réalisé des sondes constituées par un cylindre dont le diamètre est de 1^{mm} et la longeur de 20^{mm}.

5° Elle est d'une fabrication rapide lorsqu'on dispose de l'outillage nécessaire, mais la réalisation doit être effectuée avec soin car de petits défauts de fabrication peuvent changer les tarages.

6° Les tarages peuvent être effectués facilement par comparaison avec les pressions mesurées sur une surface par la méthode classique.

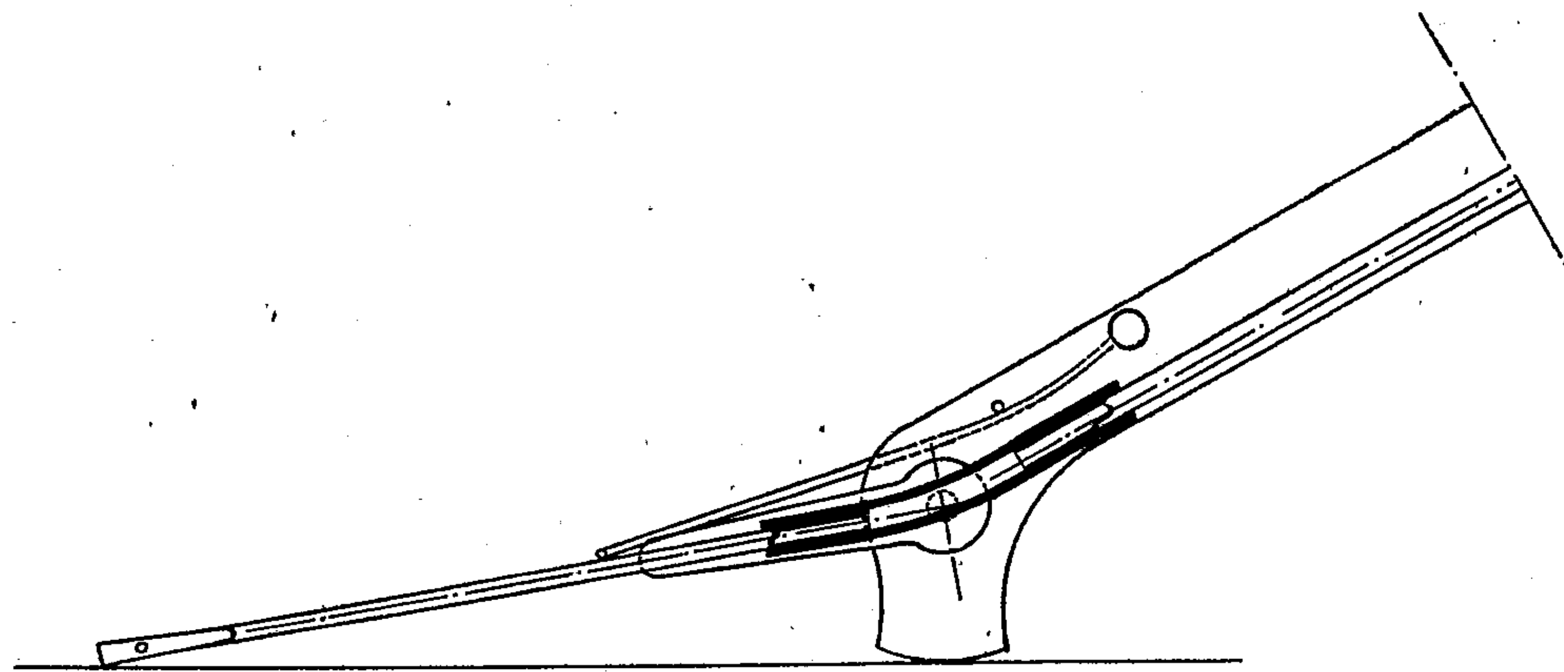


Fig. 2.

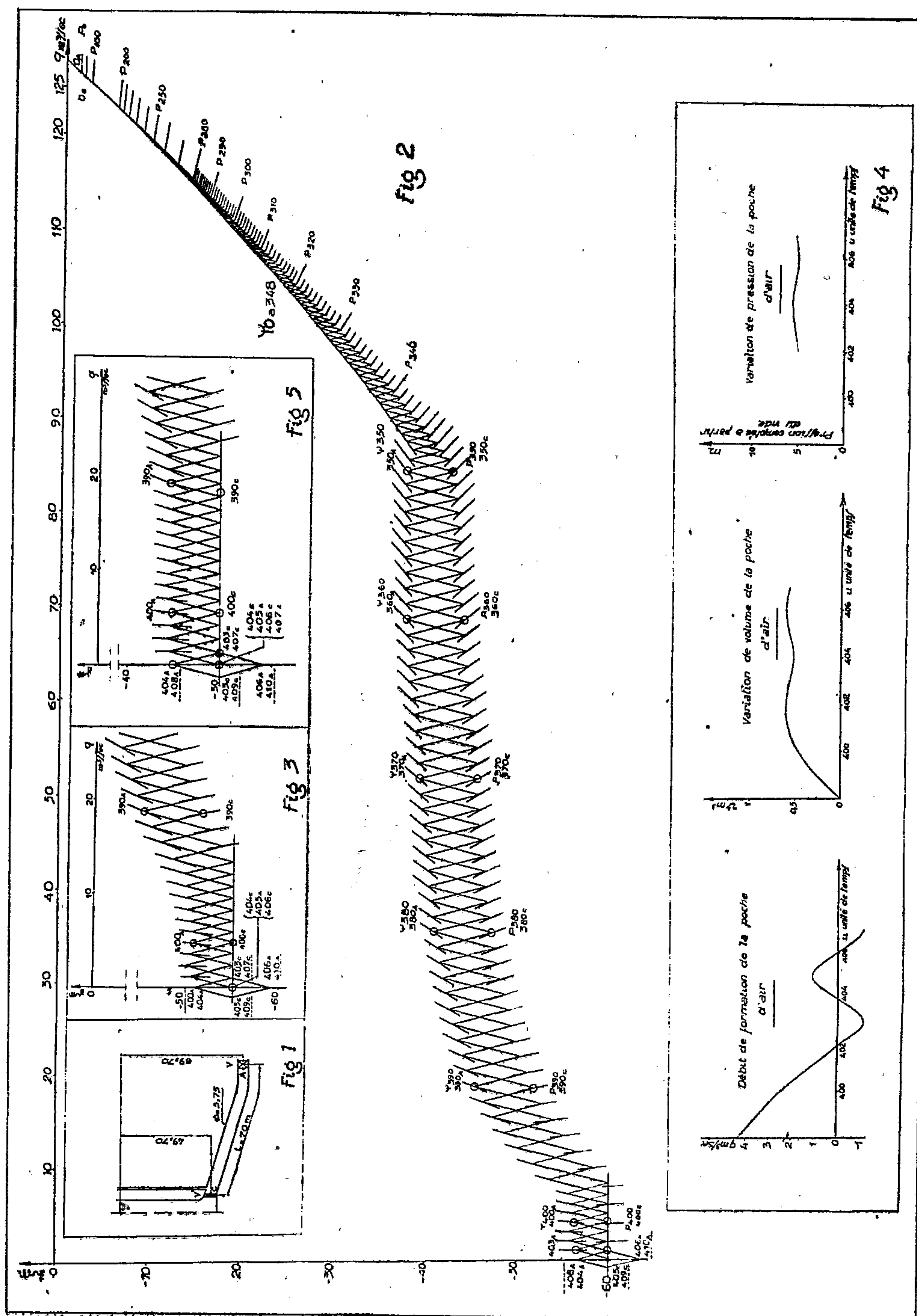
Nous avons également obtenu des résultats satisfaisants avec une sonde analogue, mais de dièdre nul. La figure 2 donne un aperçu du montage de la sonde. Cet instrument peut être utilisé aussi bien en vol qu'en soufflerie.

HYDRAULIQUE. — *Méthode de calcul du coup de bélier dû à une manœuvre simultanée du distributeur et de la vanne de prise.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Une turbine dont le distributeur V forme vannage est alimentée par une conduite, de période 2θ, protégée par une vanne de prise V′ placée à son extrémité amont. Les vannes V et V′ ferment linéairement, à partir de la pleine ouverture, en une durée égale à T, pour V, et T′ pour V′, T′ étant très supérieur à T. Immédiatement à l'aval de V′, la conduite est généralement munie d'un reniflard ou d'une ventouse (*fig.* 1).

(*) Séance du 7 février 1949.

Normalement, V′ reste complètement ouvert, et V suit, au contraire, sous la



commande du régulateur, toutes les fluctuations de la puissance demandée à la turbine. Il peut arriver toutefois qu'un déclenchement intempestif de la ferme-

ture de V′ intervienne, précédant celle de V d'un intervalle de temps m plus ou moins grand. A la demande de la Compagnie Nationale du Rhône et des Établissements Schneider, qui se préoccupaient de cette question à propos de l'usine de Genissiat, nous nous sommes attaché à déterminer le coup de bélier engendré dans la conduite par ces manœuvres quasi simultanées du distributeur de la turbine et de la vanne de prise de la conduite. Nous avons résolu le problème au moyen d'une méthode graphique s'appuyant sur les remarques suivantes :

1° Le point n_A est à l'intersection de la parabole Ψ_n caractérisant le degré d'ouverture de V à l'instant n et de la droite φ issue du point $(n-\theta/2)_C$.

2° Le point n_C est à l'intersection de la parabole P_n caractérisant le degré d'ouverture de V′ à l'instant n et de la droite Φ issue du point $(n-\theta/2)_A$.

Pour $m+T \leqq T'$, c'est-à-dire lorsque la fermeture du distributeur V s'achève avant celle de la vanne de garde V′, la pression demeure supérieure à la pression atmosphérique, en tous les points de la conduite, pour une installation correctement prévue; au contraire, pour $m+T > T'$, la pression en C peut devenir inférieure à la pression atmosphérique : dans cette hypothèse, la construction graphique identique jusque-là, diffère suivant qu'aucun dispositif spécial n'a été prévu en C, ou qu'il existe en ce point une ventouse ou un reniflard :

Premier cas. — En l'absence de ventouse et de reniflard, la pression en C peut descendre jusqu'à une valeur correspondant sensiblement au vide, soit $-(y_0 + 10^m,30)$: le lieu du point n_c peut-être constitué alors par la portion positive de la droite $\xi = -(y_0 + 10^m,30)$, le débit positif correspondant étant dû à la formation d'une cavité; on peut également avoir pour lieu de n_c, soit la portion négative de cette droite $\xi = -(y_0 + 10^m,30)$, s'il existe déjà une cavité et tant que celle-ci n'est pas comblée par le débit liquide négatif correspondant, soit l'axe $O\xi$, dans le cas contraire (*fig.* 2).

Deuxième cas. — S'il existe, en C, une ventouse ouvrant lorsque la dépression atteint une valeur déterminée, $5^m,30$ par exemple, on peut, en première approximation, admettre que la construction graphique reste la même que dans le premier cas, sauf à remplacer la droite $\xi = -(y_0 + 10^m,30)$ par la droite $\xi = -(y_0 + 5^m,30)$ (*fig.* 3); ceci revient à négliger les variations de pression de la poche d'air remplissant la cavité, ce qui est admissible puisque ces variations de pression déduites des variations du volume calculé de la poche d'air, ne dépasseraient guère $0^m,75$ d'eau (*fig.* 4).

Troisième cas. — S'il existe en C un reniflard de petite section, on peut admettre, en négligeant la perte de charge due à l'entrée d'air, que la construction graphique reste la même que dans le premier cas, sauf à remplacer l'horizontale $\xi = -(y_0 + 10^m,30)$ par l'horizontale $\xi = -y_0$ (*fig.* 5).

Les principes fondamentaux de la méthode applicable à l'étude de ce

phénomène particulier étant ainsi établis, nous exposerons, dans une Note prochaine, l'application que nous en avons faite aux conduites de l'usine de Génissiat.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la théorie générale des corpuscules de spin total donné*. Note (*) de M. **Robert Potier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans nos Notes précédentes ([1]), dont nous conserverons ici les notations, nous avons introduit une méthode de traitement du problème des corpuscules de spin quelconque. L'objet de la présente Note est de résoudre le problème suivant : *étant donné que l'on assigne à un corpuscule le spin total* S, quel est le système d'équations d'onde le plus général, invariant par toute transformation de Lorentz, et satisfaisant aux conditions posées par la Mécanique ondulatoire, qui puisse représenter ce corpuscule ?

L'opérateur S^2 associé au spin total, transformant ψ en Φ selon $\Phi = S^2\psi$, peut être défini par la formule

$$(1)\qquad \Phi^{p\ q}_{r\ s} = \left[\frac{p+q}{2}\left(\frac{p+q}{2}+1\right) - (p-r)(q-s) - rs\right]\psi^{p\ q}_{r\ s} - (p-r)(q-s)\,\psi^{p\ q}_{r+1\ s+1} - rs\,\psi^{p\ q}_{r-1\ s-1}.$$

Il est aisé de voir que, pour toute fonction d'onde plane dans le système propre du corpuscule, S^2 commute avec les $\partial^{p\ q}_{\mp\ \mp}$ de nos Notes précédentes ([1]). Cette remarque peut conduire à une démonstration très simple des résultats bien connus concernant les valeurs et fonctions propres de S^2. Jointe à d'autres considérations, elle permet d'écrire le système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre qui suit :

A. *Pour tout p et tout q tels que* $(p+q)/2 = S$, $\partial^{[\frac{p}{-}\ \frac{q}{-}]}\psi^{(p\ q)} = 0$.

B. *Pour tout p et tout q tels que* $(p-q)/2 = S$ (avec $p \geqq q$), $\partial^{[\frac{p}{+}\ \frac{q}{-}]}\psi^{(p\ q)} = 0$.

C. *Pour tout p et tout q tels que* $(p-q)/2 < S < (p+q/2)\ (p > q)$,

$$a^{(p\pm 1\ q\pm 1)}\,\partial^{[p\pm 1\ q\pm 1]}\psi^{(p+1\ q+1)} + a^{(p\mp 1\ q\mp 1)}\,\partial^{[p\mp 1\ q\mp 1]}\psi^{(p-1\ q-1)}$$
$$+ a^{(p\pm 1\ q\mp 1)}\,\partial^{[p\pm 1\ q\mp 1]}\psi^{(p\pm 1\ q\mp 1)} + a^{(p\mp 1\ q\pm 1)}\,\partial^{[p\mp 1\ q\pm 1]}\psi^{(p-1\ q+1)} + a^{(p\ q)}\psi^{(p\ q)} = 0.$$

Dans les équations (C), il y a lieu d'annuler toutes les constantes $a^{(\frac{\alpha}{\mp}\ \frac{\beta}{\mp})}$ dont les indices $\alpha = p \mp 1$ et $\beta = q \mp 1$ ne satisfont pas à $|\alpha - \beta|/2 \leqq S \leqq (\alpha+\beta)/2$.

Dans le cas du spin entier, certaines des équations (C) prennent une forme

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 638-640, 855-857 et 1076-1079. *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1332-1334; 227, 1948, p. 1146-1147.

particulière, que nous avons déjà signalée ([1]). Nous appellerons l'ensemble (A), (B), (C) le système S.

Le système S est le système le plus général d'équations aux dérivées partielles du premier ordre, satisfaisant aux conditions exprimées au début de la présente Note, et représentant un corpuscule de spin total S.

Le formalisme quantique associé à S découle sans difficulté du quadrivecteur courant introduit dans nos Notes précédentes ([1]).

Fonctions d'onde plane solutions du système S. — La substitution de $\psi = \psi_0 e^{\omega t}$ dans le système S donne un système infini d'équations linéaires, Σ, où les inconnues sont les $\psi_0^{(pq)}$, et où les coefficients dépendent de S, p, q, et contiennent les a et ω au premier degré. Il est possible, moyennant certains changements de notation, de décomposer Σ en $2S+1$ systèmes linéaires homogènes indépendants, écrits avec les *mêmes coefficients*, chacun de ces systèmes correspondant à une des $2S+1$ valeurs quantifiées de la projection S_z du spin.

Afin de simplifier le problème, on peut rendre fini le nombre des fonctions ψ en supposant que tous les coefficients a sont nuls dès que $p+q > K$, et dès que $\alpha + \beta > K$.

Le système Σ se décompose alors en $2S+1$ systèmes linéaires homogènes à un nombre fini d'inconnues, le nombre N de ces inconnues étant égal au nombre de $\psi^{(pq)}$ irréductibles intervenant dans le système S.

Ces systèmes ont des solutions non toutes nulles dès que leur déterminant (qui est le même pour tous, en raison de notre remarque sur les coefficients) est nul. Ce déterminant est un polynome P de degré N en ω, qui admet N racines réelles ou imaginaires. Dans des conditions étendues, il est possible d'astreindre les coefficients a à satisfaire des inéquations telles que toutes les racines de P soient imaginaires pures. Ces racines, on le sait, sont proportionnelles aux masses du corpuscule, qui sont alors réelles. Nous avons ainsi un corpuscule à N masses au repos.

Un cas particulier simple illustrant ces résultats a été traité dans une de nos Notes précédentes ([2]).

Les coefficients a sont très largement ajustables, et ne sont astreints à satisfaire aucune relation. Par conséquent, il n'existe aucune relation imposée entre les racines de P, donc entre les masses propres du corpuscule.

Comme rien ne nous autorise à annuler les a tels que $p+q > K$ et $\alpha+\beta > K$ (ce n'était qu'une hypothèse simplificatrice), le système Σ sera, en général, un système infini, conduisant à une infinité de valeurs de ω, donc à une infinité de masses.

Ceci est à rapprocher du fait qu'un noyau atomique, par exemple, peut avoir une infinité d'états d'énergie au repos. De même, il semble bien que les

([2]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1146-1147.

particules réputées élémentaires possèdent elles-mêmes des états excités, de masse propre supérieure à leur masse propre habituelle. Le formalisme que nous proposons présente l'intérêt de permettre une représentation relativiste cohérente de systèmes matériels tels que les noyaux, ne tenant aucun compte de la distinction, à notre sens arbitraire, entre systèmes matériels et particules élémentaires.

Reste à examiner les questions de convergence des expressions introduites dans le formalisme, qui peuvent conduire à de sérieuses restrictions sur le choix possible des a, se répercutant sur les valeurs des masses propres.

GÉODÉSIE. — *Liaisons gravimétriques internationales.*

Note de M. **Jean Martin**, présentée par M. Pierre Lejay.

1. *Appareil utilisé.* — Gravimètre des Expéditions Polaires Françaises (Missions Paul-Émile Victor), type *Western*, n° 42, à grand rayon d'action (785 mgals); sensibilité de lecture 0,05 mgal; constante d'étalonnage 0,6793 mgal par grande division du cadran.

2. *Dérive et fidélité.* — Reçu en avril 1948, l'appareil, après avoir présenté au début une certaine dérive, a maintenant atteint son équilibre. En service une dérive peut apparaître si les conditions de transport sont rudes, et cette dérive dépend de ces conditions de transport. Le tableau I résume quelques résultats obtenus en 1948.

Tableau I.

Trajet aller et retour.	Date.	Transport.	Δg. (mgals)	Erreur de fermeture. (mgals)
1. Paris-Toulouse........	11-13 avril 1948	Train (1)	501,5	0,96
2. Paris-Édimbourg......	mai et oct. »	Bateau et auto.	642,4	0,53
3. Édimbourg-Godthaab..	mai et oct. »	Bateau et auto.	623,1	0,44
4. Paris-Toulouse........	16-27 nov. »	Camionnette (2)	502,8	4,50

(1) A l'aller fourgon sans bogies, très secoué; au retour fourgon avec bogies, bien meilleur. Protection anti-choc par berceau élastique.

(2) Insuffisamment chargée; suspension très dure ne comportant aucun amortisseur. Berceau élastique. Tajet aller, direct, trajet retour, beaucoup plus long, passant par le Col du Tourmalet, Pau, Bordeaux et Angers.

La différence de 1,3 mgal entre les résultats des liaisons 1 et 4 peut s'expliquer par la grandeur des erreurs de fermeture et la difficulté de répartir correctement ces erreurs par suite de la dissymétrie des trajets aller et retour. Rappelons que la même liaison Paris-Toulouse effectuée au moyen de trois

gravimètres « North-American » avait conduit aux valeurs suivantes : 501,3, 503,7 et 502,7 mgals ([3]) ([4]).

3. *Liaisons récentes.* — Trois trajets aller et retour viennent d'être effectués en avion de Paris à Bruxelles, Londres et Glasgow. A partir des aérodromes, transport en auto ou en train jusqu'aux stations de mesures. Ces trois liaisons ont conduit aux résultats résumés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Trajet aller et retour.	Dates.	Transport.	Δg mgals.	Erreur de fermeture mgal (A)	(B)
1. Paris-Uccle (Obs.).......	31 janv. et 1er févr. 1949	Avion-Auto	189,2	0,18	0,01
2. Paris-Greewich (Obs.)....	7 et 8 févr. 1949	Avion-Auto	247,6	0,19	0,03
3. Paris-Edimbourg (Obs.)..	10 à 14 févr. 1949	Avion-Auto. et train......	641,7	0,59	0,11

L'erreur de fermeture (A) est calculée en faisant la somme algébrique des valeurs de Δg trouvées pour les segments successifs du trajet aller, puis du trajet retour, et en faisant la différence. Par suite de l'influence luni-solaire les lectures ne sont pas exactement les mêmes en une même station à l'arrivée, puis au départ, et cette méthode de calcul donne en réalité une somme algébrique d'influences luni-solaires, comptées autant de fois qu'il y a eu d'arrêts. L'erreur de fermeture (B) est calculée par la différence des lectures à la station *Le Bourget Douane* au départ et à l'arrivée de chaque circuit. (La différence entre *Paris-Obs.* et *Le Bourget Douane* a été mesurée une fois pour toutes par de nombreuses liaisons). Cette dernière façon de calculer ne fait intervenir qu'une seule fois l'influence luni-solaire. Les valeurs de g aux stations intermédiaires sont calculées de manière à diminuer l'incertitude due aux influenees luni-solaires; cette incertitude atteint, dans le cas le plus défavorable 0,18 mgal et reste le plus souvent inférieure à 0,10 mgal. La lecture adoptée pour chaque station est la moyenne de 4 lectures faites par deux opérateurs, ce qui explique que dans le tableau II puissent figurer des valeurs inférieures à 0,05 mgal.

On voit en comparant les tableaux I et II que la présente série de mesures est meilleure que la précédente. Ceci est dû à l'amélioration des conditions de transport et au fait que le gravimètre a acquis avec le temps un équilibre à peu près définitif. Il semble donc qu'il y a lieu de préférer la valeur 641,7 trouvée pour la différence Paris-Edimbourg au cours des liaisons récentes à celle de 642,4 trouvée antérieurement.

4. *Résultats (énoncés dans le système de Potsdam).* — Base : valeur de g habi-

([3]) J. MARTIN et R. BOLLO, *Liaisons gravimétriques Paris-Chamonix-Genève et Paris-Toulouse-Pic du Midi*, vol. 2, *des Exp. Pol. Fr.*, Paris, 1948.

([4]) J. MARTIN et R. BOLLO, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 563-565.

tuellement admise pour Paris-Observatoire : 980, 943.0 (valeur de g mesurée à la station *Le Bourget Douane* : 980, 949.7).

TABLEAU III.

Station.	g_1. mgals	g_2. mgals	Station.	g_1. mgals	g_2. mgals
Melsbroeck Douane...	160,5	–	Greewich Grav. St....	191,2	188,8
Melsbroeck Cave.....	161,6	–	Ringway (Manchester).	360,6	–
Bruxelles I. G. M.....	142,0	–	Prestwick...........	579,0	–
Uccle Obs...........	132,2	131	Glasgow Univ. Port...	596,0	–
Heathrow...........	201,9	–	Glasgow Nat. Philo...	599,4	–
Teddington N. P. L...	196,6	195 (5), (6)	Edimbourg Roy. Obs..	584,7	579,7 (5)
Greenwich Rec. R....	190,6	188,5	Oban...............	643,5	640,5 (5)

Dans ce tableau, le nombre de gals, qui est le même pour chaque station et égal à 981, ne figure pas. g_1 représente la valeur de g mesurée dans le présent travail; g_2 celle généralement admise antérieurement.

Remarque. — La valeur indiquée dans (5) pour Teddington, p. 450 et 475, est fausse, à la suite d'une erreur de signe, ainsi qu'il apparaît clairement p. 450. Cette erreur est rectifiée dans C. Morelli (6), (7).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie unitaire du champ physique. 2. Cas d'une métrique symétrique.* Note (*) de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations (I) établies précédemment (1) déterminent la connexion affine générale d'une variété apte à la description unitaire des champs, sans préjuger en rien du choix de la métrique.

Nous allons supposer maintenant que cette métrique est définie par un tenseur symétrique $g^{\mu\nu}$ auquel on associe les composantes $g_{\mu\nu}$ de la manière habituelle : $g_{\mu\rho}g^{\nu\rho}=\delta^{\nu}_{\mu}$.

Il est commode, pour résoudre l'équation (I) de la scinder en deux parties, l'une symétrique suivant les indices α et β, l'autre antisymétrique suivant les mêmes indices. On obtient alors les résultats suivants :

1° La partie symétrique $u^{\rho}_{\mu\nu}=\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}-\left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\}$ de la connexion affine est déterminée en fonction des 24 coefficients antisymétriques de torsion $\Lambda^{\rho}_{\mu\nu}$ par les

(5) E. C. Bullard et H. L. Jolly, *Gravity Meas. in Gr. Brit. Monthly Not. of the Royal Astron. Soc. Geophys. Sup.*, 3, n° 9, April 1936.

(6) C. Morelli, *Annali di Geofisica*, 1, n° 3, 1948, p. 441.

(7) C. Morelli, *Compensazione* (*Pubbl.* n° 211, *Istit. Geofis. Trieste*, p. 66).

(*) Séance du 31 janvier 1949.

(1) M.-A. Tonnelat, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 368.

équations suivantes :

$$\text{(S)}\quad u_{\alpha\beta,\gamma} = -\frac{1}{6}(g_{\alpha\gamma}\Lambda_\beta + g_{\beta\gamma}\Lambda_\alpha) + \frac{1}{2}(g_{\alpha\gamma}\theta_\beta + g_{\beta\gamma}\theta_\alpha - 3g_{\alpha\beta}\theta_\gamma)$$
$$-\frac{1}{4}f^{\mu\nu}(g_{\alpha\gamma}\Lambda_{\beta\nu,\mu} + g_{\beta\gamma}\Lambda_{\alpha\nu,\mu} - g_{\alpha\beta}\Lambda_{\gamma\nu,\mu})$$
$$+\frac{1}{4}f_\alpha{}^\mu(\Lambda_{\beta\mu,\gamma} - \Lambda_{\gamma\mu,\beta}) + \frac{1}{4}f_\beta{}^\mu(\Lambda_{\alpha\mu,\gamma} - \Lambda_{\gamma\mu,\alpha}) + \frac{1}{4}f_\gamma{}^\mu(\Lambda_{\alpha\mu,\beta} + \Lambda_{\beta\mu,\alpha})$$

en posant $6\theta_\gamma = 2h_\gamma - f_\gamma{}^\rho\Lambda_\rho$, $h_\gamma = f_\gamma - 2s_\gamma$, les $f_{\alpha\beta}$, $g_{\alpha\beta}$, f_γ, s_γ se déduisent des densités correspondantes en divisant par $\sqrt{-g}$.

2° Les $\Omega_{\alpha\beta,\rho} = \Lambda_{\alpha\beta,\rho} + (1/3)(g_{\alpha\rho}\Lambda_\beta - g_{\beta\rho}\Lambda_\alpha)$ peuvent se déduire, en principe, des 24 équations suivantes :

$$\text{(A)}\quad \Omega_{\alpha\beta,\rho} = g_{\alpha\rho}\left(\frac{2}{3}f_\beta + \theta_{\bar\beta} - \frac{1}{2}f^{\mu\nu}f_\beta{}^\lambda\Lambda_{\lambda\nu,\mu}\right) - g_{\beta\rho}\left(\frac{2}{3}f_\alpha + \theta_{\bar\alpha} - \frac{1}{2}f^{\mu\nu}f_\alpha{}^\lambda\Lambda_{\lambda\nu,\mu}\right)$$
$$-f_{\alpha\beta|\rho} + f_{\rho\alpha|\beta} + f_{\beta\rho|\alpha} + 3f_{\alpha\beta}\theta_\rho - \frac{1}{2}f_{\alpha\beta}f^{\mu\nu}\Lambda_{\rho\nu,\mu}$$
$$+\frac{1}{2}[-f_\alpha{}^\mu(\Lambda_{\mu\lambda,\beta} - \Lambda_{\beta\mu,\lambda}) + f_\beta{}^\mu(\Lambda_{\mu\lambda,\alpha} - \Lambda_{\alpha\mu,\lambda})]$$
$$-f_\alpha{}^\mu f_\beta{}^\lambda\Lambda_{\mu\lambda,\rho} - \frac{1}{2}f_\rho{}^\sigma f_\sigma{}^\lambda(\Lambda_{\alpha\mu,\beta} - \Lambda_{\beta\mu,\alpha}),$$

en utilisant les notations condensées $A_{\bar\rho} = f_\rho{}^\lambda A_\lambda$, $A_{\bar{\bar\rho}} = f_\rho{}^\lambda f_\lambda{}^\sigma A_\sigma \ldots$ et en désignant par $f_{\alpha\beta|\rho}\ldots$ les dérivées covariantes connues exprimées à l'aide des symboles de Riemann-Christoffel.

Finalement les 64 équations (I) se décomposent en 40 équations (S) et en 24 équations (A) et tout revient à résoudre (A). Schrödinger qui a obtenu deux systèmes analogues, bien que moins compliqués, les hypothèses de départ étant plus restrictives, remarque que l'on peut tirer de (A) une solution aussi approchée que l'on veut suivant les divers produits des $f_{\alpha\beta}$.

Une solution générale rigoureuse de (A) est très difficile à mettre en évidence. Voici le procédé de calcul que nous avons utilisé. On peut mettre l'équation (A) sous la forme suivante :

$$\text{(A)}'\quad \Lambda_{\alpha\beta,\rho} - 2G\Lambda^+_{\alpha\beta,\rho} + \Lambda_{\alpha\beta,\bar{\bar\rho}} = K_{\alpha\beta,\rho}$$

en utilisant les notations

$$2\Lambda^+_{\alpha\beta,\rho} = \varepsilon_{\alpha\beta pq}\Lambda^{pq}{}_{,\rho},\qquad 4G = f_{\mu\nu}f^{\mu\nu+},\qquad 2f = f_{\mu\nu}f^{\mu\nu},$$

$K_{\alpha\beta,\rho}$ est une expression qui renferme, outre des termes connus, les $\Lambda_{\alpha\beta,\rho}$ engagés dans les expressions

$$2A_\rho = f^{\mu\nu}\Lambda_{\mu\nu,\rho},\qquad 2B_\rho = f^{\mu\nu+}\Lambda_{\mu\nu,\rho},\qquad \pi_{\mu\nu\rho} = \Lambda_{\mu\nu,\rho} + \Lambda_{\rho\mu,\nu} + \Lambda_{\nu\rho,\mu}.$$

On constate en réalisant des combinaisons appropriées des équations (A) qu'il est possible de calculer ces trois expressions en fonction de termes connus.

Finalement les seconds membres $K_{\alpha\beta,\rho}$ sont déterminés en fonction de quantités connues. Or la solution générale de $(A)'$ a la forme suivante :

$$(x^2-y^2)\Omega_{\alpha\beta,\rho}=[(1-f)x-2Gy]K_{\alpha\beta,\rho}+[(1-f)y-2Gx]K^{+}{}_{\alpha\beta,\rho}-xK_{\alpha\beta,\overline{\overline{\rho}}}-yK^{+}{}_{\alpha\beta,\overline{\overline{\rho}}}$$

en posant

$$x=1-f+5G^2,\qquad y=2G(2-f),$$
$$K_{\alpha\beta,\rho}=a_{\alpha\beta,\rho}-a_{\alpha\beta,\overline{\overline{\rho}}}-G\overset{+}{a}_{\alpha\beta,\rho}+G\overset{+}{a}_{\alpha\beta,\overline{\overline{\rho}}}+b_{\alpha\beta,\rho}$$

avec

$$a_{\alpha\beta,\rho}=\frac{1}{\alpha^2}\left(1+\frac{f}{2}\right)f_{\alpha\beta}\partial_\rho\alpha-\frac{1}{2\alpha}f_{\alpha\beta}\partial_\rho f+\frac{1}{\alpha}f_{\alpha\beta}h_\rho-\frac{1}{2\alpha}f_{\alpha\beta}f^{\mu\nu}\psi_{\mu\nu\rho},$$

$$\begin{aligned}b_{\alpha\beta,\rho}=&-2f_{\alpha\beta|\rho}-\overset{+}{f}_{\alpha\beta}\partial_{\overline{\overline{\rho}}}G-\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\sigma}f_\rho{}^{\lambda}\partial^\sigma G+\frac{1}{\alpha}f_{\alpha\beta}\partial_\rho\alpha+\frac{G}{2\alpha}\overset{+}{f}_{\alpha\beta}\partial_{\overline{\overline{\rho}}}\alpha\\&-\frac{1}{\alpha}(f_{\rho\alpha}\partial_\beta+f_{\beta\rho}\partial_\alpha)\alpha+\frac{1}{2\alpha}(g_{\alpha\rho}\partial_{\overline{\beta}}-g_{\beta\rho}\partial_{\overline{\alpha}})f+\frac{G}{2\alpha}\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\sigma}f_\rho{}^{\lambda}\partial^\sigma\alpha\\&+\overset{+}{f}_{\alpha\beta}\overset{+}{\psi}_{\overline{\rho}}+\psi_{\alpha\beta\rho}-(g_{\alpha\rho}f_{\overline{\beta}}-g_{\beta\rho}f_{\overline{\alpha}})-\frac{2G}{3\alpha}\overset{+}{t}_{\alpha\beta\rho}+\frac{2}{\alpha}f_{\alpha\beta}t_{\overline{\rho}}\\&+\frac{1}{3\alpha}(g_{\alpha\rho}t_\beta-g_{\beta\rho}t_\alpha)+\frac{1}{3\alpha}(f_\alpha{}^{\sigma}f_{\sigma\rho}t_\beta-f_\beta{}^{\sigma}f_{\sigma\rho}t_\alpha),\end{aligned}$$

les notations étant les suivantes :

$$\psi_{\alpha\beta\rho}=f_{\alpha\beta|\rho}+f_{\rho\alpha|\beta}+f_{\beta\rho|\alpha},\qquad t_\rho=-(1+f)f_\rho-f_{\overline{\overline{\rho}}}+G\tau^{+}_{\overline{\rho}}+h_{\overline{\rho}},$$
$$\tau_{\alpha\beta\rho}=f_{\alpha\beta}h_\rho+f_{\rho\alpha}h_\beta+f_{\beta\rho}h_\alpha,\qquad \alpha=1+f+G^2.$$

Cette solution fait apparaître les expressions f, G et α qui figurent dans le lagrangien de la théorie non linéaire de Born-Infeld, cela en dehors de toute hypothèse sur l'expression d'un lagrangien dans la présente théorie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les phénomènes de double désintégration électronique* Note de MM. **Raymond Daudel** et **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

En dehors de la double émission β on peut envisager divers types de double désintégration électronique parmi lesquels *le phénomène double : capture e, émission* β_+ semble être un exemple intéressant.

Trois processus différents conduiront à observer le même résultat [transition (A. Z) $\rightarrow$ (A. Z $-$ 2), apparition d'un β^+, absorption d'un électron périphérique];

a. filiation capture *e*, émission β_+ ou vice-versa en passant par un état intermédiaire réel. Soit p_a la probabilité de ce phénomène.

b. capture *e*, émission β_+ simultanées *avec* émission de deux neutrinos par l'intermédiaire d'états virtuels. Soit p_b la probabilité correspondante.

c. capture, émission β_+ simultanées *sans* émissions de neutrino si l'on envi-

sage la possibilité de réabsorption du neutrino émis au cours de la première étape virtuelle du phénomène.

C'est à ce dernier processus que nous nous intéresserons plus particulièrement. Il conduit à la formation d'une raie β, l'énergie disponible dans la transition étant dans ce cas entièrement emportée par l'électron éjecté. La probabilité du phénomène est donnée par la formule classique de la théorie des perturbations

$$p_c = \frac{2\pi}{\hbar}\left|\sum_p \frac{H_{mp}H_{pn}}{E_n - E_p}\right|^2 \rho(E_m).$$

Si l'on adopte pour décrire le neutrino la théorie de Majorana ([1]) et si l'on utilise des approximations comparables à celles employées par W. H. Furry ([2]), pour étudier la double désintégration β on obtient, en décrivant le β_+ par des ondes planes de Dirac et dans l'éventualité d'une capture K,

$$p_c = (2\pi)^{-4}\frac{9}{25\rho^2} G^4 \hbar^{-8} c^{-6}\left(\frac{Z}{a_0}\right)^3 (W_\beta + W_k)^3 p_\beta.$$

Dans cette expression ρ est le rayon du noyau, a_0 le rayon de la première orbite de Bohr de l'atome d'hydrogène, W_k l'énergie totale de l'électron sur la courbe K, W_β et p_β l'énergie totale et l'impulsion de l'électron éjecté.

On voit que très approximativement la probabilité p_c croît comme Z^3 et W_β^4. Elle est donc particulièrement grande pour les fortes énergies de transition et les noyaux lourds. Si l'on adopte pour G la valeur $2{,}5.10^{-49}$ cgs et $Z = 30$, on trouve des périodes de l'ordre de 10^{17} ans à 10^{13} ans pour des énergies cinétiques du β émis comprises entre 1/2 MeV et 10 MeV.

Essayons maintenant de comparer les processus *a*, *b* et *c*. Lorsque la filiation est possible elle est généralement la plus probable parce qu'elle ne fait intervenir que la seconde puissance de G, tandis que les autres processus dépendent de G^4. Mais des considérations énergétiques simples utilisant les formules classiques

$$\Delta E = \frac{1}{2}B_A(Z - Z_A)^2 \pm \frac{\delta_A}{2}$$

montrent que pour A pair il peut exister des cas où le processus *a* est impossible. Le processus *c* devient alors généralement le plus probable, car comme dans ce cas l'énergie de transition est faible, le processus sans émission de neutrino est favorisé. Au contraire lorsque l'énergie devient très grande, le processus *h* peut devenir plus probable que le processus *c*, car on peut voir que la probabilité du premier varie comme W_β^7 alors que celle du second varie comme E^4, ainsi que nous l'avons montré.

([1]) *Nuovo Cimento*, 14, 1937, p. 171; W. H. Furry, *Physical Review*, 54, 1938, p. 56.
([2]) *Physical Review*, 56, 1939, p. 1185.

En résumé on doit s'attendre à ce que : 1° pour de petites énergies de transition il y ait des cas où l'ordre décroissant d'importance des trois processus soit

$$c > b > a \quad \text{pouvant être impossible;}$$

2° pour des énergies moyennes l'ordre soit

$$a > c > b;$$

a devenant vite beaucoup plus probable que *c* et *b*;

3° pour de très grandes énergies, pratiquement sans grand intérêt, l'ordre soit

$$a > b > c.$$

Le phénomène double capture e s'étudie de la même façon, mais le processus *c* ne peut se réaliser que dans des circonstances exceptionnelles, car il exige une coïncidence énergétique.

Le phénomène double : création e, émission β_-, est très comparable au phénomène capture *e*; émission β_+.

MAGNÉTISME. — *Influence des fluctuations thermiques sur l'aimantation de grains ferromagnétiques très fins.* Note (*) de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

Soit un grain G ferromagnétique, ayant la forme d'un ellipsoïde de révolution d'axe A, de volume v suffisamment petit pour constituer un domaine élémentaire unique. Soit $M = v\mathcal{J}$, où $\mathcal{J}$ est l'aimantation spontanée, l'intensité, constante, du moment magnétique $\vec{M}$ de G et soit θ l'angle de $\vec{M}$ avec A. Supposons que l'énergie E de G, en l'absence de champ magnétique appliqué, soit de la forme $E = 1/2\, MH \sin^2\theta$, où H est une constante positive dépendant de l'anisotropie de forme et de l'anisotropie magnétocristalline de G (1). Les deux sens Ox et Ox' de A sont des directions de facile aimantation. Lorsque $\vec{M}$ est initialement dirigé suivant Ox, il faut pour le retourner suivant Ox' appliquer suivant Ox' un certain champ magnétique, appelé champ critique, qui est égal à H.

Cependant, même en l'absence de champ appliqué, $\vec{M}$ n'est jamais exactement dirigé suivant Ox et la probabilité $2\varpi(\theta)\,d\theta$ de trouver $\vec{M}$ compris entre θ et $\theta + d\theta$ est donnée par

$$2\varpi(\theta) = \frac{MH}{kT} \exp\left\{-\frac{MH \sin^2\theta}{2kT}\right\} \sin\theta,$$

(*) Séance du 14 février 1949.

(1) L. Néel, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1550 et 1488.

où k est la constante de Boltzmann et T la température absolue. En particulier, la probabilité de trouver $\vec{M}$ dans la région équatoriale $\theta = (\pi/2)$ n'est jamais rigoureusement nulle, de sorte qu'en principe $\vec{M}$ peut se retourner spontanément et passer de la région Ox à la région Ox'. Calculons la probabilité $dt/2\tau_0$ d'observer un tel retournement pendant l'intervalle du temps dt. Si $\overline{|d\theta/dt|}$ est la vitesse angulaire absolue moyenne de $\vec{M}$ dans le plan méridien qui le contient, au voisinage de $\theta = (\pi/2)$, $\vec{M}$ se retournera pendant l'intervalle de temps dt si, au début de cet intervalle, sa vitesse est positive et sa distance angulaire au plan équatorial est inférieure à $\overline{|d\theta/dt|}\, dt$. On obtient ainsi

$$\frac{1}{2\tau_0} = \varpi\left(\frac{\pi}{2}\right)\overline{\left|\frac{d\theta}{dt}\right|}.$$

La vitesse angulaire méridienne $d\theta/dt$ correspond aux précessions produites par des couples perturbateurs γ, dirigés dans le plan équatorial perpendiculairement à $\vec{M}$, suivant la relation classique

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{e}{mM}\gamma,$$

où e et m désignent la charge et la masse de l'électron. Ces couples perturbateurs proviennent des déformations élastiques spontanées du grain sous l'influence de l'agitation thermique provoquant l'apparition de champs démagnétisants transversaux ou de forces magnétoélastiques. En se bornant à l'action des déformations homogènes du grain G et en attribuant à chaque degré de liberté une énergie moyenne égale à kT/2, on trouve comme expression du couple moyen

$$\overline{|\gamma|} = |3G\lambda + D\mathcal{J}^2|\sqrt{\frac{2kTv}{\pi G}},$$

où G est le module de glissement, λ la magnétostriction à saturation et D une constante numérique voisine de 3. On obtient finalement

$$(1)\qquad \frac{1}{\tau_0} = \frac{eH}{m}|3G\lambda + D\mathcal{J}^2|\sqrt{\frac{2v}{\pi GkT}}\exp\left\{-\frac{v\mathcal{J}H}{2kT}\right\}.$$

L'application de la formule (1) à des grains fins de fer, de champ critique $H = 1000$ œrsteds, à 300°K, donne une constante de temps de 10^{-1} sec pour $v = 0,96.10^{-18}\,\text{cm}^3$ et de 10^9 sec pour $v = 2,1.10^{-18}\,\text{cm}^3$. Pour obtenir une aimantation rémanente stable, il faut ainsi que le volume des grains soit au moins égal à celui de sphères de 160 Å de diamètre, cela en accord avec des résultats expérimentaux encore inédits de Bertaut.

Les mêmes méthodes permettent de calculer la probabilité $dt/2\tau(h)$ d'un

retournement de Ox en Ox' de M, en présence d'un champ magnétique h, compté positivement suivant Ox. On obtient

$$\frac{1}{\tau(h)} = \frac{e(H+h)}{2m}\left(1-\frac{h^2}{H^2}\right)^{\frac{1}{2}} |3G\lambda + D\mathcal{J}^2| \left(\frac{2v}{\pi G k T}\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{v\mathcal{J}(H+h)^2}{2HkT}\right\}.$$

La loi d'évolution du moment magnétique résultant d'un ensemble de grains identiques, dans un champ h constant, est alors donnée par

$$M_r = M_\infty + (M_0 - M_\infty)\exp\left\{\mp\frac{t}{\tau(h)} - \frac{t}{\tau(-h)}\right\},$$

en désignant par M_0 le moment magnétique initial pour $t=0$ et par M_∞ le moment final correspondant à l'équilibre thermodynamique parfait.

Les propriétés magnétiques d'un ensemble de grains G très fins, différant les uns des autres par leur volume v et leur champ critique H, s'apparentent d'une manière remarquable ([2]) à celles des briques, poteries et des laves, étudiées par E. Thellier ([3]), Mlle J. Roquet ([4]) et T. Nagata ([5]); on peut ainsi rendre compte du traînage magnétique, de l'additivité des aimantations thermorémanentes partielles et de la très grande stabilité de l'aimantation thermorémanente comparée à celle de l'aimantation rémanente isotherme ([2]).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'impédance intrinsèque de l'espace libre.* Note ([*]) de M. **Émile Bryliński**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que les progrès de la théorie des ondes électromagnétiques ont conduit à envisager une grandeur caractéristique, l'impédance intrinsèque de l'espace libre Z_0, dont l'expression est

$$(1) \qquad Z_0 = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{H}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = \mu_0 c,$$

où $\mathcal{E}$ et $\mathcal{H}$ sont les champs électrique et magnétique, μ_0 et ε_0 la perméabilité magnétique et la constante diélectrique du vide et c la célérité des ondes électromagnétiques dans le vide. La valeur de Z_0 dans le système MKSA d'unités est donc

$$(2) \qquad Z_0 = 30\,\Omega.$$

([2]) L. Néel, *Annales de Géophysique* (à paraître en 1949).

([3]) *Ann. Inst. Phys. Globe*, Paris, 1938, **16**, p. 157; *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 281; **213**, 1941, p. 59; **213**, 1941, p. 1019; **223**, 1946, p. 319.

([4]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 727; **224**, 1947, p. 1418.

([5]) *Bull. Earthquake Research Inst.*, **21**, 1943, n° mars, p. 1.

([*]) Séance du 14 février 1949.

Or les utilisateurs du système de rationalisation intégrale, dont nous distinguerons les grandeurs par un accent, appliquent cette définition aux grandeurs rationalisées, ce qui donne

$$(3)\qquad Z'_0 = \frac{\mathcal{E}'}{\mathcal{H}'} = \sqrt{\frac{\mu'_0}{\varepsilon'_0}} = \mu'_0 c = 4\pi\mu_0 c = 477\,\Omega.$$

Cette dualité de valeurs, source de confusions, ne peut être acceptée. Les nombres 30 et 477 sont, en effet, les mesures de Z_0 en ohms et, comme la rationalisation ne modifie pas la valeur de l'ohm, elle ne peut davantage modifier la mesure de Z_0.

Une seule des deux mesures 30 ou 477 peut donc être retenue, mais laquelle? Le raisonnement suivant, qui ne constitue pas une démonstration, mais l'exposé d'une analogie qui paraît suffisante en l'espèce, conclut en faveur de la valeur (2).

Le nom donné à Z_0 l'a été par analogie avec l'impédance caractéristique Z_c d'une ligne idéale, c'est-à-dire sans résistance ni pertes, de longueur indéfinie ou fermée sur une impédance égale à Z_c, dont l'expression est

$$(4)\qquad Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{L}{\sqrt{CL}} = cL,$$

où L et C sont l'inductance propre et la capacité de la ligne par mètre. Considérons une ligne bifilaire dont les conducteurs, de rayon a ont une perméabilité magnétique égale à celle du vide. Pour ne pas être gênés par le fait que les courants sont de sens opposés dans les deux conducteurs, nous envisagerons un circuit composé d'un des conducteurs et d'un fil neutre fictif à mi-distance des conducteurs, filiforme puisqu'il n'est parcouru par aucun courant, et ne produisant aucun flux d'induction magnétique. Si, dans ces conditions, b est la plus courte distance du fil neutre à la surface extérieure du conducteur, l'expression de l'inductance propre sera

$$(5)\qquad L = \mu_0\left(0{,}5 + 2\,\mathrm{Log}\frac{a+b}{a}\right).$$

Or nous pouvons réduire b à une très petite valeur ($0^{\mathrm{cm}},001$, par exemple) et faire croître a indéfiniment, de sorte que

$$\mathrm{Log}\frac{a+b}{a} = \mathrm{Log}\left(1 + \frac{b}{a}\right) = \frac{b}{a} \to 0,$$

et l'on aura, d'après (4),

$$(6)\qquad Z_c = \frac{\mu_0 c}{2}.$$

Comme le conducteur de perméabilité μ_0 n'occupera que la moitié de l'espace, il faudra doubler cette valeur pour avoir Z_0 et l'on retombe sur la valeur (1).

La rationalisation ne modifiant ni le henry, ni le farad, ni, par conséquent Z_c, cette valeur (1), subsistera dans le système rationalisé.

OPTIQUE. — *Sur les aberrations géométriques des systèmes optiques faiblement décentrés*. Note (*) de M. **André Maréchal**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous calculerons le chemin optique aberrant dans le cas où les composantes de l'excentrement sont orientées de façon arbitraire, afin de compléter les résultats de Conrady (1) et Linfoot (2).

Définitions. Conventions. — Considérons un système optique centré muni d'une pupille circulaire. Décomposons l'instrument en deux parties A et B, le diaphragme étant porté par B, et excentrons légèrement la partie A sans conserver de plan de symétrie pour l'ensemble AB. Dans l'espace intermédiaire entre A et B, la pupille sera rapportée à des coordonnées polaires $h_1\Phi_1$ ou $h_2\Phi_2$, l'objet à des coordonnées $y_1\Psi_1$ ou $y_2\Psi_2$ (l'indice 1 est utilisé lorsque l'origine est la trace de l'axe de A, l'indice 2 lorsque l'origine est la trace de l'axe de B). Si r, α et ρ, θ sont les coordonnées des traces de l'axe de A par rapport à celles de l'axe de B respectivement dans le plan de la pupille et dans le plan de l'objet, les formules de changement d'axes seront :

$$h_1 e^{i\Phi_1} = h_2 e^{i\Phi_2} - r e^{i\alpha}, \qquad y_1 e^{i\Psi_1} = y_2 e^{i\Psi_2} - \rho e^{i\theta}.$$

1. *Aberrations du 3e ordre.* — Le chemin optique aberrant relatif à A s'écrit sous la forme

$$\Delta_1 = a h_1^4 + b h_1^3 y_1 \cos(\Phi_1 - \Psi_1) + c h_1^2 y_1^2 + d h_1^2 y_1^2 \cos 2(\Phi_1 - \Psi_1) + e h_1 y_1^3 \cos(\Phi_1 - \Psi_1),$$

où les termes successifs représentent l'aberration sphérique, la coma, la courbure de champ, l'astigmatisme et la distorsion. En appliquant les formules de changement de coordonnées, on aboutit rapidement aux résultats suivants :

$$h_1^4 = h_2^4 - 4 r h_2^3 \cos(\Phi_2 - \alpha),$$

$$h_1^3 y_1 \cos(\Phi_1 - \Psi_1) = h_2^3 y_2 \cos(\Phi_2 - \Psi_2) - \rho h_2^3 \cos(\Phi_2 - \theta) - r h_2^2 y_2 \cos(2\Phi_2 - \Psi_2 - \alpha) - 2 r h_2^2 y_2 \cos(\Psi_2 - \alpha),$$

$$h_1^2 y_1^2 = h_2^2 y_2^2 - 2\rho h_2^2 y_2 \cos(\Psi_2 - \theta) - 2 r h_2 y_2^2 \cos(\Phi_2 - \alpha),$$

$$h_1^2 y_1^2 \cos 2(\Phi_1 - \Psi_1) = h_2^2 y_2^2 \cos 2(\Phi_2 - \Psi_2) - 2\rho h_2^2 y_2 \cos(2\Phi_2 - \Psi_2 - \theta) - 2 r h_2 y_2^2 \cos(\Phi_2 + \alpha - 2\Psi_2),$$

$$h_1 y_1^3 \cos(\Phi_1 - \Psi_1) = h_2 y_2^3 \cos(\Phi_2 - \Psi_2) - \rho h_2 y_2^2 \cos(\Phi_2 + \theta - 2\Psi_2) - 2\rho h_2 y_2^2 \cos(\Phi_2 - \theta) - r y_2^3 \cos(\Psi_2 - \alpha).$$

Dans chaque équation le premier terme du second membre est un terme classique, les suivants caractérisent l'aberration d'excentrement. On reconnaît que ces termes ne sont pas de nature différente de celle des termes classiques;

(*) Séance du 14 février 1949.

(1) *M. N. R. A. S.*, 79, 1919, p. 384.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, 58, 1946, p. 65.

cependant l'image aberrante pourra paraître plus complexe du fait que ces termes n'admettent plus le même plan de symétrie. Indiquons rapidement leur nature : les termes en $h_2^3 \cos(\Phi_2 - \left|{}^{\alpha}_{\Psi_2}\right.)$ produisent une coma uniforme dans le champ; les termes en $h_2^2 y_2 \cos(\Psi_2 - \left|{}^{\alpha}_{\theta}\right.)$ produisent une inclinaison du plan de l'image, ceux en $h_2^2 y_2 \cos(2\Phi_2 - \Psi_2 - \left|{}^{\alpha}_{\theta}\right.)$ correspondent à un astigmatisme où l'orientation des focales tourne deux fois moins vite que l'objet dans le champ. Enfin les autres termes correspondent à une distorsion asymétrique (excepté le terme en $y_2^3 \cos(\Psi_2 - \alpha)$ qui ne correspond à aucune aberration).

Nous avons procédé à des vérifications expérimentales relatives à la distorsion d'excentrement. Un objectif de Clairaut, dont la lentille antérieure (convergente) avait été excentrée dans une direction verticale formait en son plan focal les images de trois points d'une droite horizontale. Pour aligner rigoureusement les trois images il était nécessaire de déplacer verticalement (à l'aide d'un petit prisme) l'un des points objets; la valeur de ce déplacement était en très bon accord avec la valeur déduite des équations précédentes (termes de distorsion issus de la courbure de champ et de l'astigmatisme).

II. *Aberrations d'ordre quelconque.* — Si les aberrations du troisième ordre de A sont réduites, l'influence des termes d'ordre supérieur peut devenir prépondérante sans que l'ouverture ou le champ de l'instrument soient importants. Les mêmes transformations peuvent alors s'appliquer aux divers termes de Δ_1. On sait que Δ_1 n'est fonction que des trois paramètres

$$u = h_1^2, \quad v = y_1^2, \quad w = h_1 y_1 \cos(\Phi_1 - \Psi_1).$$

Les excentrements r et ρ étant petits, on écrira

$$\begin{aligned}\Delta_1 = &f[h_2^2, y_2^2, h_2 y_2 \cos(\Phi_2 - \Psi_2)]\\ &+ \frac{\partial f}{\partial u}(h_1^2 - h_2^2) + \frac{\partial f}{\partial v}(y_1^2 - y_2^2) + \frac{\partial f}{\partial w}(h_1 y_1 \cos\overline{\Phi_1 - \Psi_1} - h_2 y_2 \cos\overline{\Phi_2 - \Psi_2}),\end{aligned}$$

avec

$$\begin{aligned} h_1^2 - h_2^2 &= -2 r h_2 \cos(\Phi_2 - \alpha),\\ y_1^2 - y_2^2 &= -2 \rho y_2 \cos(\Psi_2 - \theta),\\ h_1 y_1 \cos(\Phi_1 - \Psi_1) - h_2 y_2 \cos(\Phi_2 - \Psi_2) &= -r y_2 \cos(\Psi_2 - \alpha) - \rho h_2 \cos(\Phi_2 - \theta).\end{aligned}$$

Il en résulte que l'on peut développer les termes d'excentrement de Δ_1 sous la forme

$$h_2^{2p+m} y_2^{2q+m} \cos^m(\Phi_2 - \Psi_2) \times \begin{cases} h_2 \cos(\Phi_2 - \ldots),\\ y_2 \cos(\Psi_2 - \ldots).\end{cases}$$

Comme Nijboer [3] l'a montré, on peut encore remplacer dans les expressions de cette forme $\cos^m(\Phi_2 - \Psi_2)$ par $\cos m(\Phi_2 - \Psi_2)$; le terme général d'aberration d'excentrement peut alors s'écrire (en choisissant par exemple le

---

(3) *Thèse*, Gröningen, 1942.

terme en $\partial f/\partial u$)

$$-rh_2^{2p+m+1}y_2^{2q+m}[\cos(\overline{m+1}\Phi_2-\Psi_2-\alpha)+\cos(\overline{m-1}\Phi_2-\Psi_2+\alpha)],$$

expression dans laquelle on reconnaît des termes classiques ayant subi une rotation. On pourrait penser que les aberrations d'excentrement ainsi définies sont identiques aux aberrations d'un système optique quelconque diaphragmé par une pupille circulaire, mais dans ce cas le développement de Δ en série de Fourier par rapport à l'azimut Φ ferait apparaître des termes de la forme $h^{2p+m}\cos m(\Phi-\omega)$, où l'angle ω dépend dans le cas général de h. On voit donc qu'il est impossible d'identifier les aberrations d'un système légèrement excentré à celles d'un système quelconque.

SPECTROSCOPIE. — *Isolement d'une composante hyperfine de la raie* λ 2537 *du mercure*. Note de MM. **Jean-Louis Cojan** et **Robert Lennuier**, présentée par M. Jean Cabannes.

La complexité isotopique du mercure empêche d'utiliser la petitesse de l'élargissement imposé aux raies de cet élément par l'effet Doppler produit par l'agitation thermique des atomes émetteurs (masse atomique élevée : 200); pour la raie λ 2537 émise à la température ordinaire, la largeur Doppler est de 2 mÅ (1 mÅ = 10^{-3} Å). La raie verte λ 5461, dont la structure hyperfine se présente de manière très favorable (86 % de l'intensité concentrée sur une seule composante) permet d'obtenir des ordres d'interférence élevés atteignant 770.000. Au contraire, la raie λ 2537 a une structure hyperfine étalée sur 50 mÅ et ne permet pas d'aller au delà de l'ordre d'interférence 50 000. Cette structure, rappelons-le, comporte cinq composantes dont les positions respectives (en mÅ et par rapport à la composante centrale), et les intensités (indiquées entre parenthèses, pour une intensité totale 100) sont :

+ 21,5 (19,17) ; + 11,5 (29,27 ; 0 (23,77) ; − 10,4 (14,45) ; − 25,4 (13,24).

Les composantes (+ 11,5) et (0) respectivement dues aux isotopes pairs 202 et 200 sont simples, et il y aurait intérêt à pouvoir isoler l'une ou l'autre.

Mrozowski ([1]) imagina de filtrer le rayonnement de résonance λ 2537 en lui faisant traverser une cuve remplie de vapeur de mercure et placée dans un champ magnétique convenable. L'effet Zeeman subi par les centres hyperfins sur lesquels se faisait l'absorption du rayonnement dans la vapeur pouvait être réglé de telle manière que seul était transmis un des groupes suivants de composantes : *a*. la composante (− 25,4) seule (elle est complexe et due à la superposition de composantes provenant des isotopes impairs 199 et 201); *b*. les composantes (− 10,4) et (+ 21,5); *c*. les composantes (0) et (+ 11,5).

([1]) *Bull. Acad. Pol.*, 1930, p. 464; 1931, p. 489.

Pour obtenir une seule des cinq composantes de λ 2537, il faut appliquer à la vapeur absorbante successivement, le long du faisceau lumineux qui la traverse, deux champs magnétiques pour tenir compte des deux valeurs des écarts de deux composantes voisines (écarts qui sont respectivement d'environ 10,5 et 15 mÅ).

Rappelons qu'au-dessus de 6 000 gauss, l'effet Paschen-Back hyperfin est total ([2]), ce qui a pour résultat de fixer les origines à partir desquelles doivent être comptés les déplacements par effet Zeeman respectivement sur chacune des cinq composantes de la raie λ 2537 et sur une sixième position située vers —5 mÅ. Voici comment on peut alors constituer un filtre magnétique laissant passer uniquement la composante X202 (+11,5). La source (arc Otens Gallois refroidi par un courant d'air comprimé) est placée hors du champ magnétique; son rayonnement traverse une cuve de quartz de 8^{cm} de long remplie de vapeur de mercure (pression d'environ 2.10^{-3} mm). Cette cuve est placée dans l'entrefer d'un grand électro-aimant, le champ étant perpendiculaire à la direction du faisceau lumineux qui traverse la cuve. L'entrefer est aménagé de manière qu'une première moitié de la cuve (4^{cm}) plonge dans un champ H, la seconde moitié dans un champ différent *h*. Le champ H (7 700 gauss) est calculé de telle sorte que le déplacement par effet Zeeman qu'il produit soit égal à l'écart entre les composantes (+21,5) et (—10,4) soit 31,9 mÅ. Ainsi la composante σ Zeeman provenant du centre +21,5 absorbe dans le rayonnement les vibrations perpendiculaires au champ de la composante (—10,4), et réciproquement. Les vibrations parallèles au champ sont arrêtées par les composantes π Zeeman non déplacées. Le champ *h* (6 100 gauss) est calculé de manière que le même phénomène se produise entre les composantes (0) et (—25,4). Bien entendu la moitié de l'intensité de la composante X 202 est absorbée par la composante π Zeeman sur ce centre, mais il sort finalement les vibrations perpendiculaires au champ transportées par la composante X 202 du rayonnement. A la suite de ce dispositif, un monochromateur simple permet d'isoler cette composante de l'ensemble des autres raies du spectre du mercure; le prisme de quartz de ce monochromateur permet de séparer les vibrations perpendiculaires et parallèles au champ; il n'en résulte aucun affaiblissement supplémentaire sur X 202, mais on arrête ainsi une fraction non absorbée sur (—25,4), due au fait que les composantes π provenant de cette raie sont déplacées.

La raie X202 transmise seule a une largeur qui n'est pas supérieure à la largeur Doppler (2,2 mÅ). En fait elle a une largeur encore plus faible, et qu'il est possible de réduire à 1,5 mÅ; on voit facilement en effet que les

([2]) D. R. Inglis, *Z. für Phys.*, 84, 1933, p. 466; A. Zvironas, *Helv. Phys. Acta*, 7, 1934, p. 225.

champs H et h appliqués respectivement aux composantes (— 25,4) et (— 10,4) créent des bandes d'absorption σ qui encadrent et serrent de très près la composante X202; en donnant à H une valeur un peu supérieure à la valeur théorique indiquée (et en jouant sur la largeur des bandes d'absorption, de l'ordre de 4 mÅ, pour continuer à produire les absorptions prévues), on arrive à absorber les ailes du profil Doppler X202 et à obtenir la finesse indiquée. Nous avons photographié les anneaux d'interférence obtenus avec cette raie filtrée, pour une différence de marche de 20^{cm} (étalon de Fabry et Perot). Les anneaux ont une largeur (correspondant à 1,5 mÅ) très inférieure à celle d'un interfrange (correspondant à 3,25 mÅ), de sorte que l'ordre d'interférence réalisé, qui est de 785 000, pourrait d'après les résultats obtenus être porté à 1 700 000.

La méthode décrite permet, par un choix convenable de H et de h, d'isoler n'importe laquelle des cinq composantes de λ2537.

COLORIMÉTRIE. — *Sur la spécification des sources lumineuses par la méthode des bandes spectrales.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Jean Becquerel.

Tandis qu'une source lumineuse est complètement définie, en ce qui concerne son propre aspect *coloré*, par ses coordonnées trichromatiques x et y, cette spécification devient manifestement insuffisante lorsqu'il s'agit de ses propriétés *colorantes*, c'est-à-dire de l'aspect des surfaces diffusantes éclairées par cette source. Il faut alors connaître la répartition de l'énergie dans le spectre de la source. Pour les applications à l'éclairage, une connaissance approchée de cette répartition suffit habituellement, et l'on pourra par exemple évaluer la valeur relative des flux d'énergie émis dans un petit nombre de bandes spectrales.

Le choix du nombre de ces bandes et de leurs limites fut discuté, en particulier, par MM. Bouma ([1]) et Taylor ([2]). Les propositions du premier, légèrement modifiées, firent récemment l'objet de la septième Résolution de la Commission de Colorimétrie, à l'issue du Onzième Congrès International de l'Éclairage (Paris, juillet 1948). Les limites des huit bandes proposées figurent au Tableau I a, avec le millimicron comme unité de longueur d'onde.

Ce choix ne nous paraît pas le meilleur. Pour évaluer l'importance relative des bandes, il suffit de déterminer le nombre d'ordonnées que contient chacune d'elles, dans la méthode classique, dite des *ordonnées sélectionnées*, qui sert au calcul des tristimuli X, Y et Z. On trouvera au Tableau I a ces nombres,

([1]) *Comptes rendus du Xe Congrès International de l'Éclairage*, 2, 1939, p. 57.

([2]) *Trans. Ill. Eng. Soc.*, 35, 1940, p. 625.

calculés à partir des 30 ordonnées sélectionnées par MM. Bowditch et Null [3] : on voit que la répartition est irrégulière, et que les deux bandes extrêmes ne servent à peu près pas.

TABLEAU I.

	Bandes.	Nombre d'ordonnées. (X).	(Y).	(Z).	Poids colorimétriques. (X).	(Y).	(Z).
a	380-420	0	0	2	0,0275	0,0007	0,1314
a	420-440	2	0	7	0,2503	0,0114	1,2285
a	440-460	2	0	10	0,3104	0,0367	1,6449
a	460-510	1	3	10	0,0883	0,1925	0,7024
a	510-560	4	12	1	0,2326	0,8025	0,0417
a	560-610	12	11	0	0,8590	0,7426	0,0014
a	610-660	8	4	0	0,5263	0,2252	0,0001
a	660-760	1	0	0	0,0238	0,0087	0,0000
b	410-440	2	0	9	0,1954	0,0084	0,9563
b	440-460	2	0	10	0,3153	0,0369	1,6715
b	460-500	1	2	10	0,1111	0,1456	0,8415
b	500-540	1	8	1	0,0888	0,6393	0,0989
b	540-570	4	8	0	0,4918	0,9255	0,0072
b	570-600	8	7	0	0,9096	0,7595	0,0013
b	600-630	8	4	0	0,8641	0,4167	0,0003
b	630-670	4	1	0	0,2968	0,1139	0,0000

Le Tableau I*b* contient 8 nouvelles bandes dont nous avons choisi les limites (arrondies) de façon à obtenir une meilleure répartition, les 3 premières bandes se partageant les ordonnées de Z et les 5 dernières celles de X et de Y. Dans ces deux choix *a* et *b*, nous avons en outre calculé les poids colorimétriques qu'il faut affecter à l'énergie transportée dans chaque bande, pour que les sommes pondérées de ces énergies fournissent directement les tristimuli X, Y et Z; ces poids sont tels que l'on ait X = Y = Z = 100 dans le cas particulier de la source W (source fictive, au spectre d'égale énergie) quand celle-ci rayonne l'unité d'énergie dans chaque intervalle de 1 millimicron.

Afin de comparer la valeur de *a* et *b*, nous avons calculé les coordonnées de diverses lumières : d'une part la lumière émise par les étalons colorimétriques A, B et C; d'autre part la lumière diffusée par divers pigments usuels, quand on les éclaire avec la source W; il s'agit d'une peinture rouge (vermillon), d'une verte (vert émeraude) et d'une bleue (outremer français), dont les caractéristiques ont été étudiées par M. Barnes [4].

Pour ces six lumières, le tableau II contient les coordonnées exactes x_0 et y_0, les coordonnées approchées x et y calculées dans les distributions *a* et *b*, et

(3) *J. Opt. Soc. Amer.*, 28, 1938, p. 500.
(4) *Ibid.*, 29, 1939, p. 208.

enfin le nombre n de fois que le segment joignant les points x_0y_0 et xy contient d'écarts quadratiques moyens, ceux-ci étant empruntés aux mesures de M. McAdam [5]. Une différence de teinte juste perceptible correspond à $n = 3$ environ.

TABLEAU II.

		A.	B.	C.	Rouge.	Vert.	Bleu.
	x_0	0,4476	0,3485	0,3101	0,5416	0,2612	0,1867
	y_0	0,4075	0,3517	0,3163	0,3438	0,4379	0,1328
a	x	0,4451	0,3488	0,3115	0,5300	0,2699	0,1889
a	y	0,4048	0,3519	0,3188	0,3569	0,4140	0,1625
a	n	1,2	0,3	1,4	8,8	6,8	16,3
b	x	0,4455	0,3488	0,3113	0,5364	0,2659	0,1877
b	y	0,4049	0,3516	0,3182	0,3485	0,4228	0,1454
b	n	1,1	0,3	1,1	3,3	3,9	7,0

L'examen du tableau II prouve la supériorité du choix b, supériorité insignifiante pour les lumières blanches, mais très appréciable pour les pigments colorés. Le choix b possède, en outre, l'avantage de couvrir une étendue spectrale plus restreinte et, par suite, d'être plus aisé à mettre en œuvre pratiquement. Il paraît donc raisonnable de proposer ces nouvelles bandes spectrales, en vue d'une entente internationale.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la production locale des mésons à 3500 mètres.* Note de MM. **Bernard d'Espagnat** et **Charles Peyrou**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que la plupart des mésons π positifs et négatifs observés dans les plaques photographiques sont produits localement. Le taux de production étant de 2 mésons par jour et par cm^3 de matière de densité de 2 à 3 (verre des plaques). Ce résultat n'est valable que pour les mésons d'énergie comprise entre 0 et 50 MeV, et il serait intéressant de connaître le taux de production de mésons d'énergie supérieure.

Camérini, Muirhead, Powell et Ritson [1] ont découvert dans un paquet de plaques suspendu à 2^m au-dessus du plancher de la station de la Jungfraujoch, l'existence d'un flux montant de mésons μ. Ce flux est important puisqu'il représente à peu près la moitié du flux descendant (composante mésonique normale). L'énergie de ces mésons qui s'arrêtent à des endroits absolument quelconques du paquet de plaques est en moyenne de 35 MeV. Les auteurs ont interprété l'existence de ce flux en admettant la production dans le plancher

[5] *Ibid.*, 32, 1942, p. 247.

[1] *Nature*, 162, 1948, p. 433.

de mésons π qui émettent les mésons μ par désintégration en vol. Dans une telle désintégration, un méson μ de 35 MeV peut évidemment provenir d'un méson π de moins grande énergie. Cependant, vu l'abondance de mésons μ montants, il est raisonnable d'admettre que les mésons π, dont ils proviennent, avaient également en moyenne une énergie de l'ordre de 35 MeV en quittant le sol. Étant donné qu'ils ont eu à traverser une certaine épaisseur de plancher, l'énergie à la production était encore plus grande. S'ils ont traversé la moitié du plancher soit 50^{g} par cm^2, ils devaient avoir au moins 150 MeV. Nous nous proposons de montrer que de la production de ces mésons montants (ou « arrière », le primaire venant sûrement d'en haut), d'énergie supérieure à 35 MeV, on peut déduire la production en quantité au moins égale de mésons descendants d'énergie supérieure à 200 MeV.

Dans le processus de création de mésons par choc d'un nucléon mobile et d'un nucléon fixe, il est évident *a priori* que le centre de gravité G de ce système est un centre de symétrie, et par suite aussi, *par rapport à un référentiel lié à* G un centre de symétrie pour la répartition angulaire de la probabilité d'apparition du ou des mésons.

Dans le système de référence du laboratoire, en vertu de la loi de composition des vitesses, cela se traduit par une dissymétrie qui favorise les directions d'émission faisant un angle faible avec la direction du nucléon incident.

De la présence constatée, lors d'un grand nombre de tels processus identiques, de mésons d'impulsion déterminée faisant un angle fort ($> 90°$) avec la direction incidente, on déduit donc bien l'existence en au moins aussi grand nombre de mésons émis sous des angles faibles et présentant une énergie supérieure. Ces considérations sont générales et s'appliquent quelles que soient les hypothèses admises par le processus même de création des mésons (création simple ou multiple, utilisation de tout ou partie de l'énergie disponiblé, etc.). Pour les rendre quantitatives nous avons fait les deux hypothèses suivantes :

1° Le méson produit dans un choc est unique ;

2° Il acquiert dans le système de référence du laboratoire l'énergie maximum compatible avec les équations de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement totales.

La seconde au moins de ces hypothèses ne correspond vraisemblablement pas au cas général. Mais il est évident que si toute l'énergie disponible n'est pas utilisée, l'existence d'un méson arrière d'énergie donnée impliquera un primaire dont l'énergie sera plus grande que celle que nous calculerons dans notre hypothèse. De plus il est facile de voir que le méson avant correspondant aura également une énergie plus grande que celle qui est donnée par nos calculs.

Les deux hypothèses faites permettent donc de déduire de l'existence de mésons arrières d'énergie donnée, un *minimum* absolu : 1° pour l'énergie du primaire qui les a créés ; 2° pour l'énergie des mésons qui seront produits dans

les processus analogues et faisant un angle faible avec l'énergie du primaire.

Moyennant les hypothèses 1 et 2, le calcul n'exige que l'application des théorèmes de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement. Le résultat est donné par le tableau I :

E_U énergie d'un méson émis à 180° de la direction du primaire;

E_D énergie d'un méson émis à 0° de la direction du primaire;

E_N énergie du primaire.

(I)	E_U	0	50	100	150	200	250	335 Mev
	E_D	50	400	820	1500	2800	5500	∞
	E_N	335	650	1200	1900	3200	6000	∞

On constate que pour une énergie infinie du primaire les mésons arrières ont une énergie maximum de 335 MeV.

2° Pour un méson de 35 MeV émis à 180° l'énergie du primaire sera au moins de 570 MeV et le méson émis à 0° de 290 MeV.

Si l'on suppose que le méson arrière a été émis à 135° de la direction du primaire, l'énergie correspondante du primaire est de 520 MeV et l'énergie du méson émise à 0° est de 220 MeV. On voit par cet exemple que les résultats ne changent pas considérablement si le méson arrière n'a pas été émis exactement dans la direction opposée à celle du primaire.

Ce calcul montre que, d'après les résultats de Powell et collaborateurs, sous 100^g de matière il doit exister à 3500^m un flux important de mésons π d'énergie cinétique supérieure à 200 MeV produits localement dans les 100^g de matière. Il paraît même vraisemblable qu'une fraction notable de ces mésons ait une énergie supérieure à 1 000 MeV.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la mesure de masse des particules chargées, par comptage des grains dans les émulsions sensibles.* Note de M. **Lud van Rossum**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les émulsions (Ilford C_2), exposées à Berkeley en vue de l'observation des mésons négatifs [1], m'ont permis de déterminer le $H\rho$ dans le champ de $\sim$ 14200 gauss et le parcours résiduel. Ces deux grandeurs donnent (dans 14 cas sur 17) des valeurs pour m_π entre 275 m_6 et 295 m_6. 16 cas sont compatibles avec l'existence d'une masse unique, un seul cas est difficile à interpréter pour une masse de ce méson < 350 m_6, d'autant plus que sa trace montre une granulation plus dense de 10 %. Pour E en fonction de R j'ai utilisé la relation donnée par (2) en extrapolant pour les grandes énergies avec

(1) E. Gardner and C. M. G. Lattès, *Science*, 107, 1948, p. 270; P. Cüer, M. Morand et L. van Rossum, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 481.

(2) C. M. G. Lattès, P. H. Fowler and P. Cüer, *Nature*, 159, 1947, p. 301; P. Cüer, *Thèse*, 1947, Paris.

les valeurs calculées par (3) qui coïncident pratiquement (pour $R_{AL}/R_{\acute{e}m} = 1,0925$) avec la courbe expérimentale. La dispersion des résultats est essentiellement due au scattering avant l'entrée dans l'émulsion et aux déformations postérieures de la gélatine à cet endroit. L'angle réel d'incidence étant près de 90°, toute variation accidentelle augmente H_ρ et par suite les masses apparentes. Leur dispersion est donc asymétrique et la valeur la plus probable se rapproche de la limite inférieure. Une variation de H de + 1 % déplace l'ensemble des résultats de + 6 m_e. La méthode donne donc :

$$m_\pi = \left(280 \begin{Bmatrix} +15 \\ -5 \end{Bmatrix} \pm 600\, \Delta H/H\right) m_e.$$

Ces mesures m'ont servi de référence pour préciser la méthode par comptage des grains qui est basée sur l'hypothèse suivante : la perte d'énergie d'une particule par élément de parcours dans un milieu donné ne dépend que de sa charge et de sa vitesse. Les parcours résiduels de deux particules de même charge à partir des points de même vitesse sont donc dans le rapport des masses. En appliquant ce principe j'ai pu vérifier expérimentalement (sur 28 traces de protons, deutérons et tritons) que le *rendement de l'émulsion* (nombre des grains visibles, pour une certaine perte d'énergie) est aussi une fonction univoque de la charge et de la vitesse de la particule, dans une plaque à développement uniforme; avec une bonne approximation, je trouve

$$dN/dR = c \left\{ 1 - \exp\left[- b\left(\sqrt{dE/dR} - \sqrt{a}\right)\right] \right\}.$$

Cette formule diffère de (4) par l'introduction d'un seuil a de perte d'énergie. Il en résulte que les courbes de la variation de la granulation en fonction du parcours résiduel sont affines dans le rapport des masses : $m_1/m_2 = R_1/R_2$, où R_1 et R_2 sont les parcours résiduels aux points de même densité.

La grandeur physique donnée immédiatement par l'observation est une densité (nombre des grains, par exemple par champ). En plus, le travail sur les courbes différentielles présente l'avantage que l'erreur considérable du comptage dans la région de saturation, ainsi que les fluctuations accidentelles de la densité, n'influencent pas les mesures dans des autres régions de la courbe. D'autres caractéristiques de la méthode sont : un fading de même durée sur deux traces ne dépend que de la densité de l'image latente et ne change donc pas l'affinité des courbes. J'ai pu constater que l'augmentation apparente de la densité moyenne, dans des régions de même vitesse, due à l'inclinaison de quelques traces, était pratiquement la même pour des particules de nature différente. Les variations dues à l'inclinaison, aux fluctuations accidentelles de la densité

(3) J. H. SMITH, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 32.

(4) M. BLAU, *Bull. Am. Phys. Soc.*, 24, N. 1, 1949, p. 61.

de granulation et à une différence faible du degré de développement avec la profondeur sont négligeables si l'on dispose de valeurs moyennes d'au moins une dizaine de traces de même nature. L'intervention subjective de l'observateur dans le comptage des grains n'influence pas la mesure des masses, s'il satisfait à la condition de compter sur des traces différentes toujours le même nombre de grains dans des intervalles à granulation identique. On doit cependant envisager la possibilité au cas où le nombre compté dépend, en plus, d'autres facteurs, par exemple du résultat attendu par l'observateur. Une variation systématique du rapport individuel (nombre compté sur *nombre réel*) de 2 % en passant d'une trace à l'autre (erreur maximum, même pour un observateur inexpérimenté) fait varier le résultat de 7 %. La fidélité de l'observateur me paraît actuellement une limite à la méthode. Il s'est montré nécessaire de tenir compte du fait qu'on ne peut pas s'approcher à volonté des vraies courbes différentielles, parce que les fluctuations de densité exigent une longueur non négligeable de ΔR. Pour maintenir aussi l'affinité des courbes différentielles sur les courbes approchées par excès $\Delta N/\Delta R = f(R)$, il faut choisir la longueur des sections ΔR exactement dans le rapport des masses, ce qui exige un procédé par tâtonnement. Dans notre cas, une superposition des deux courbes moyennes de 17 protons et 13 $m_é$ a été obtenue par multiplication de $R_{més}$ par un facteur entre 6,5 et 6,85. Un calcul d'erreur qui tient compte des fluctuations et qui suppose une infidélité systématique de ± 1 % entre protons et mésons, donne :

$$m_\pi = (280 \pm 15)\ m_é.$$

Les résultats, obtenus par deux méthodes différentes, concordent. Ils sont en bon accord avec les mesures de Berkeley [5] et de Bristol [6].

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement* L *de fluorescence et le rayonnement* γ *de l'ionium.* Note (*) de M. **Michel Riou**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le rayonnement γ de l'ionium a été récemment étudié par Mme Irène Curie [1] qui a montré que le rayonnement mou se composait de raies pouvant s'identifier aux raies L de fluorescence du radium.

J'ai repris l'étude de ce rayonnement en utilisant comme détecteurs, des compteurs à efficacité élevée pour les rayons γ de faible énergie : ce sont des compteurs Geiger-Müller en bouts fermés par une feuille d'aluminium de

(5) E. Gardner, A. S. Bishop and C. M. G. Lattès. *Bull. Am. Phys. Soc.*, **24**, N. 2, 1949, p. 17.

(6) R. Brown, U. Camerini, P. H. Fowler, H. Muirhead, C. F. Powell and D. M. Ritson, *Nature*, **163**, 1949, p. 82.

(*) Séance du 14 février 1949.

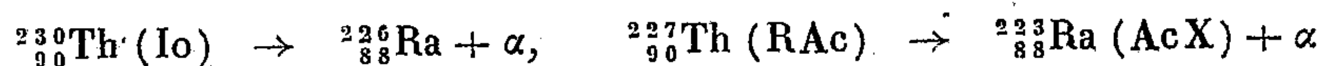
(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1225.

5 mg/cm² et remplis à des pressions élevées (10 à 21^{cm} de mercure) d'un mélange d'alcool et de xénon. La source consiste en un mélange ionium-thorium (100^{mg} d'hydrate) contenant 9 % d'ionium.

Les courbes d'absorption dans le cuivre, le molybdène et l'argent indiquent que le rayonnement mou a une énergie moyenne d'environ 14 KeV. Pour séparer les différentes raies j'ai utilisé la méthode d'absorption sélective en déterminant les courbes d'absorption dans les éléments allant du nickel ($Z=28$) à l'iode ($Z=53$). J'ai étudié aussi le rayonnement mou du radioactinium, corps qui donne naissance comme l'ionium à un isotope du radium. Les résultats sont donnés par le tableau ci-dessous :

Disc. K d'absorption (en U. X.).	Raies L de Ra (en U. X.).	Intens. (%) Io.	Intens. (%) RAc.	Disc. K d'absorption (en U. X.).	Raies L de Ra (en U. X.).	Intens. (%) Io.	Intens. (%) RAc.
1043 (33 As)	α_2 1014	20	18	814 (37 Rb)	β_1 810	37	43
978 (34 Se)	α_1 1003			768 (38 Sr)	β_3 801		
918 (35 Br)	β_4 839	26	32	687 (40 Zr)	γ_3 674	5	–
814 (37 Rb)	β_2 834			652 (41 Nb)	γ_6 672		
				619 (42 Mo)	γ_4 648	7	–

Les résultats sont identiques pour l'ionium et le radioactinium aux erreurs expérimentales près : l'ionium et le radioactinium qui, tous deux, donnent naissance à un isotope du radium suivant les désintégrations



$$^{230}_{90}\mathrm{Th}\ (\mathrm{Io}) \rightarrow\ ^{226}_{88}\mathrm{Ra} + \alpha, \qquad ^{227}_{90}\mathrm{Th}\ (\mathrm{RAc}) \rightarrow\ ^{223}_{88}\mathrm{Ra}\ (\mathrm{AcX}) + \alpha$$

émettent donc les raies L du radium suivant les mêmes intensités relatives, le spectre ne dépendant pas de la nature des noyaux radioactifs, mais seulement du numéro atomique de l'élément formé. Ceci conduit à admettre que dans les deux cas la couche L est excitée à la suite de la conversion interne de raies γ : une raie de 68 KeV dans le cas de l'ionium (¹); huit raies de 26 à 100 KeV dans le cas du radioactinium (²).

Les intensités données plus haut permettent de calculer la répartition des nombres de photons émis à partir des niveaux L_I, L_{II}, L_{III} en admettant que les rapports des intensités des raies provenant d'un même niveau sont identiques à ceux obtenus avec les spectres L ordinaires des éléments lourds. On obtient ainsi

$$L_I : L_{II} : L_{III} = 50 : 20 : 26.$$

Alors que l'intensité des électrons de conversion déterminée pour d'autres corps et qui varie peu avec le numéro atomique donnerait

$$L_I : L_{II} : L_{III} = 90 : 5 : 2.$$

La différence entre les deux résultats s'explique si l'on admet l'existence de

(¹) SURUGUE, *Thèse*, Paris, 1936, p. 68.

transitions sans rayonnement L_I-L_{II} et L_I-L_{III} : en comparant les deux résultats ci-dessus on trouve que le rapport du nombre de transitions L_I-L_{II} au nombre de transitions radiatives L_I — M, N... est égal à 0,3; pour les transitions L_I-L_{III} on obtient 0,5.

En ce qui concerne le rayonnement γ de l'ionium, l'analyse des courbes d'absorption dans le cuivre, le tantale et le plomb permet de retrouver les deux raies nucléaires de 68 KeV et de 200 KeV. Pour connaître l'intensité de ces raies et du rayonnement L en fonction du nombre de désintégrations d'atomes d'ionium, il faut connaître l'efficacité ε des compteurs : on peut admettre que celle-ci est donnée par

$$\varepsilon = 1 - e^{-\frac{\mu}{\rho}m},$$

où μ/ρ est le coefficient d'absorption du rayonnement dans le xénon et m la masse superficielle utile de xénon. Les résultats sont les suivants, où les intensités sont données en nombre de quanta pour 100 désintégrations.

Raies L.	Raie de 68 keV.	Raies de 200 keV.
9 ± 2	$0,50 \pm 0,15$	$0,3 \pm 0,1$

Ces résultats sont en excellent accord avec ceux de Mme I. Curie. Par contre si l'on admet que le rendement de fluorescence dans la couche L est 0,4 d'après les déterminations pour le plomb et l'uranium de Lay (3), le nombre d'électrons de conversion de la raie de 68 KeV devrait être 23 ± 5 pour 100 désintégrations, alors que la mesure directe faite à la chambre de Wilson par J. Teillac (4) donne 10 à 11 pour 100 désintégrations. Suivant que l'on prend le premier ou le deuxième résultat, on obtient pour la probabilité d'excitation du niveau nucléaire de 68 KeV $0,24 \pm 0,05$ ou 0,11. Le premier nombre semble se rapprocher plus des résultats obtenus par la structure fine des rayons α (5).

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle famille de sesquioxydes de fer cubiques.* Note de MM. **André Michel** et **Émile Pouillard**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On sait que l'on peut préparer par simple chauffage du mélange de sesquioxyde de fer rhomboédrique et d'alumine ou de sesquioxyde de chrome, les solutions solides rhomboédriques correspondantes (1). Il était logique de penser que le sesquioxyde de fer cubique et l'alumine, qui existe aussi sous la forme cubique, pouvaient syncristalliser. Il n'était pas possible d'envisager la préparation de ces corps par la méthode précédente, par suite de la grande

(3) *Zeits. f. Physik*, 91, 1934, p. 533.
(4) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1227.
(5) Rosenblum, Valadarès et Mlle Vial, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1088.

(1) H. Forestier et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1264.

instabilité de ces sesquioxydes cubiques. Nous avons pu les obtenir par oxydation de magnétites dans lesquelles on avait substitué aux ions ferriques Fe^{+++} des ions Al^{+++} et dont nous avons indiqué les propriétés et le mode de préparation dans une récente communication ([2]).

L'analyse thermomagnétique et les rayons X nous ont montré l'existence de cristaux mixtes $(Fe_{1-x}Al_x)_2O_3$ cubiques; la limite de solubilité à la température ordinaire est voisine de 10 % en alumine. Le paramètre de ces solutions solides varie d'une manière continue de $a = 8,324$ Å pour Fe_2O_3 cubique jusqu'à $a = 8,20$ Å pour la solution solide limite à la température ordinaire. Ces oxydes sont d'autant plus stables que la teneur en alumine est plus grande. C'est ainsi que les températures de transformation rapide (en quelques minutes) sont à 610° pour une substitution $x = 0,03$ et 650° pour $x = 0,07$; au lieu de 200° pour l'oxyde pur.

L'analyse thermomagnétique a montré que la solubilité de l'alumine cubique croît rapidement avec la température. En effet, en présence d'un excès d'alumine, les courbes thermomagnétiques indiquent au chauffage un point de Curie θ_c qui est différent de celui qui apparaît lors du refroidissement θ_2. L'écart $\theta_c - \theta_2$ dépend de la température la plus élevée à laquelle on a porté le mélange au cours de l'essai. Cette interprétation est vérifiée par la possibilité de conserver, par trempe, à la température ordinaire les solutions solides très riches en alumine qui ont été formées à température élevée : par exemple par une trempe brusque à partir de 600°, nous avons obtenu des cristaux mixtes qui contiennent jusqu'à 32 % d'alumine. Ce corps a un point de Curie relativement bas (410°).

L'oxydation des magnétites au chrome ne donne pas de cristaux mixtes. Il y a simplement formation d'oxyde cubique pur, donc instable, et de sesquioxyde de chrome, qui n'existe que sous la forme rhomboédrique. Enfin, nous avons constaté que l'oxydation des magnétites substituées n'était pas la seule méthode susceptible de donner des cristaux mixtes $(FeAl)_2O_3$ cubiques. En effet, on peut obtenir la même série de corps par calcination de mélanges de nitrates de fer et d'aluminium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure de quelques dérivés organo-mercuriques.* Note (*) de Mlle **Irène Kadomtzeff**, présentée par M. Paul Pascal.

Les organo-mercuriques présentent de nombreuses anomalies, aussi bien pour leur susceptibilité magnétique que pour leur moment dipolaire. Pascal ([1]) a montré pour les dérivés alcoylés symétriques que la susceptibilité du métal n'était pas constante. Les

([2]) A. Michel et E. Pouillard, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 194.

(*) Séance du 14 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1904.

mesures de moments bipolaires et celles de diffraction électronique pour les dérivés organiques symétriques (2), (3) ou halogénés (4), (5), (6), ainsi que celles des halogénures minéraux du mercure divalent (7), (8), (9), (10), ont montré que dans certains cas l'angle des deux liaisons du mercure variait de 180 à 150° par suite de rotation ou de « flexibilité » des deux bras.

Nous avons étudié les dérivés halogénés dissymétriques : C_2H_5HgBr; $C_{12}H_{25}HgBr$; $C_{16}H_{33}HgBr$; $C_{18}H_{37}HgBr$ et $C_{12}H_{25}HgCl$ qui ont été préparés et mis à notre disposition par M. Rumpf.

Les mesures de susceptibilités magnétiques ont été effectuées sur les poudres avec la balance de Pascal. Pour la détermination des moments dipolaires, la plus grande difficulté provient de la faible solubilité de ces corps dans les solvants non polaires habituels. Nous avons étudié systématiquement la solubilité de $C_{12}H_{25}HgCl$ dans le benzène, le dioxane 1-4, la décaline et le tétrachlorure de carbone de 20 à 50°. Le benzène s'est trouvé être le meilleur solvant vers 40° (limite de température pour notre appareil); il est suivi de près par le dioxane. Nous avons effectué nos mesures de moment pour $C_{12}H_{25}HgCl$ en solution dans le benzène et dans le dioxane, et pour les autres corps seulement dans le benzène, car il y avait association dans le dioxane. Les capacités électriques ont été mesurées par la méthode de battements hétérodynes. Les polarisations atomiques et électriques sont déduites des mesures d'indices des solutions à 40° pour la raie D du sodium.

Voici les résultats obtenus :

Corps.	χ M.	χ Hg.	P_0.	P_{E+A}.	μ.	Solubilité limite à 40° en C_0 molaire.
C_2H_5HgBr..........	$-88,2.10^{-6}$	$-31,6.10^{-6}$	186	35	2,76±0,06 D	$>10.10^{-3}$
$C_{12}H_{25}HgBr$.........	212,4 »	36,9 »	362	104	3,67 »	2,5 »
$C_{16}H_{33}HgBr$.........	246,6 »	24,3 »	237	132	2,31 »	2,0 »
$C_{18}H_{37}HgBr$.........	270,2 »	23,8 »	225	146	2,0 »	2,8 »
$C_{12}H_{25}HgCl$ (benzène).	207,5 »	43,0 »	253	100	2,76 »	9,4 »
$C_{12}H_{25}HgCl$ (dioxane).	–	– »	270	92	3,0 »	7,9 »

On peut compléter le tableau avec les deux valeurs de μ des dérivés *iso* : de Curran (5) : 3,45 pour C_4H_9HgBr et 3,47 pour $C_5H_{11}HgBr$.

(2) BERGMAN et SCHUTZE, *Z. phys. Chem.*, B 19, 1932, p. 401.
(3) HAMPSON, *Trans. Far. Soc.*, 1934, p. 877.
(4) OESPER et SMYTH, *J. A. C. S.*, 1942, p. 173.
(5) CURRAN, *J. A. C. S.*, 1935, p. 2162; 1941, p. 1470; 1942, p. 830.
(6) MALATESTA, *Rendiconti*, 78, 9e série 3, 1944-1945, p. 103.
(7) FAJANS, *Z. Elektrochem.*, 34, 1928, p. 517.
(8) BRAEKKEN et SCHOTTEN, *Z. Krist.*, 89, 1934, p. 448.
(9) BRAUNE et LINCKE, *Z. phys. Chem.*, 31 B, 1935, p. 12.
(10) GRIGG, HAMPSON, JENKINS, JONES et SUTTON, *Trans. Far. Soc.*, 33, 1937, p. 359.

Nous pouvons remarquer que les χHg et les μ varient de façon analogue avec accroissement, puis diminution; les solubilités varient de façon presque analogue, mais en sens inverse.

Pour les réfractions atomiques des composés symétriques du mercure ([11]), on obtenait la valeur maximum pour le terme en C_5, mais il y avait encombrement stérique simultané des deux liaisons du mercure. Dans notre cas, ce maximum est obtenu pour un rang plus élevé, sans doute dans l'intervalle C_8 à C_{11}; le manque de termes intermédiaires ne nous permet pas de préciser davantage. Les susceptibilités magnétiques montrent que la compression électronique est la plus faible en C_{12}. Pour expliquer les valeurs trop basses obtenues pour Hg avec C_{16} et C_{18}, il faudrait répartir la compression sur Br autant que sur Hg. L'accroissement de solubilité de C_{16} à C_{18}, malgré l'allongement de la chaîne carbonée, doit provenir de la diminution du degré ionique de la liaison Hg — Br qui cadre bien avec la diminution corrélative de la susceptibilité. La variation du moment dipolaire n'est donc pas uniquement due à l'ouverture de l'angle valenciel. Les valeurs respectives du degré de liaison ionique et de l'ouverture de l'angle valenciel seront étudiées ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Identification des molécules activées photogéniques dans la combustion du carbone*. Note (*) de M. **Raoul-Henri Busso**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré l'existence de deux centres actifs dans les produits de la combustion du graphite à 1773° K. Nous avons indiqué qu'il s'agissait probablement de molécules CO et CO_2 excitées capables, en se désactivant, d'émettre des photons ultraviolets. L'étude de cette émission à l'aide de nos photocompteurs nous a permis de distinguer un produit activé ayant une vie moyenne relativement longue (de l'ordre de quelques secondes) existant à des pressions de gaz inférieures à 3^{cm} de mercure et un autre centre émetteur à vie moyenne courte (de l'ordre de quelques 10^{-3} seconde) dont le domaine de stabilité se situe à des pressions supérieures à 3^{cm} de Hg.

L'identification de ces deux produits photogéniques est possible en utilisant, d'une part, l'air liquide (ou l'azote liquide) et, d'autre part, le tétrachlorure de carbone.

1° *Action de l'air liquide ou de l'azote liquide*. — Le CO_2 est condensé, il ne reste dans les gaz de combustion que des molécules CO (avec l'azote et l'oxy-

([11]) Jones, Evans, Gulwell et Griffith, *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 39.

(*) Séance du 14 février 1949.

([1]) R. Audubert et R. H. Busso, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1361.

gène résiduel); l'expérience montre la persistance du produit actif à vie moyenne longue dans le domaine des basses pressions et la disparition du centre émetteur à pression supérieure à 3^{cm} de Hg. (Cette disparition n'est pas complète quand la vitesse du gaz devient trop grande pour assurer une condensation totale.)

2° *Action du tétrachloiure de carbone.* — Les travaux de C. Dufraisse et R. Houclois ([2]), de J.-R. Arthur ([3]) et de G.-W. Bridger ([4]) ont montré que le chlore et ses composés (HCl, CCl_4, $POCl_3$) ont le pouvoir d'inhiber la combustion du CO en CO_2.

Dans nos expériences nous avons employé des mélanges d'air ou d'oxygène et de CCl_4(2 % en volume); nous constatons la disparition complète du produit de combustion émetteur à pression supérieure à 3^{cm} de Hg.

L'examen des courbes $1/\theta = f(p)$, quand nous faisons agir soit CCl_4, soit l'azote liquide, nous permet d'identifier les centres émetteurs :

a. à basse pression : les molécules photogéniques à vie moyenne relativement longue sont des molécules CO activées;

b. à des pressions supérieures à 3^{cm} de Hg les produits émetteurs à vie moyenne courte sont des molécules CO_2 activées.

Des expériences sont en cours pour confirmer cette identification par des déterminations spectroscopiques à l'aide de nos photocompteurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action hydrolysante des ultrasons.* Note de MM. **Pierre Mastagli** et **André P. Mahoux**, présentée par M. Pierre Lejay.

Depuis longtemps plusieurs auteurs ont étudié l'action modificatrice des ultrasons sur les réactions d'hydrolyse.

Les premiers, Richard et Loomis ont envisagé le problème et hydrolysé du sulfate de di-méthyle. Ils indiquent une augmentation sensible de la vitesse de réaction ([1]).

Schumeb et Rutner cités par Flosdorf et Chambert, ne semblent avoir rien remarqué de semblable, mais indiquent des résultats positifs, en travaillant sur le saccharose avec des fréquences relativement basses, de l'ordre des ondes audibles ([2]).

Zent-Gyorgyi en 1933 signalait également n'avoir rien obtenu de tel en opérant sur toute une série de corps organiques; seul le sucre de canne ayant

---

([2]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 566; *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2068.
([3]) *Nature*, 157, 1946, p. 732.
([4]) *Nature*, 158, 1946, p. 236.

([1]) *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 3086.
([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 3416.

été décomposé en mono-saccharides ([3]). L'auteur attribue son échec partiel à la trop faible puissance mise en jeu : il ne disposait alors que de 100 à 150 W. Il émet l'idée que si l'on disposait de puissances plus élevées et réglables progressivement on aurait peut-être là un moyen de mesurer les forces qui unissent certains éléments.

Il nous a semblé intéressant de reprendre ces expériences, ce qui a été fait en utilisant le sulfate de di-méthyle d'une part et l'acétate d'éthyle d'autre part. Nous avons travaillé avec notre générateur et notre installation vibrante déjà décrite ([4]). La puissance mise en jeu étant d'environ 160 watts et la fréquence de travail de 5 mégacycles.

Plusieurs difficultés pratiques se sont alors présentées. D'abord impossibilité d'opérer par voie en directe, les corps considérés étant tous électro-conducteurs; force a donc été d'opérer par voie indirecte et de produire les ultrasons dans un liquide diélectrique et bon conducteur de ces ondes. Le xylène industriel a été choisi pour des raisons de commodité du moment.

Puis les tubes à essais normaux se sont avérés trop épais pour transmettre suffisamment les ultrasons, les diaphragmes métalliques minces (attaquables) étaient également à rejeter; enfin les diaphragmes organiques généralement solubles dans des corps tels que xylène ne pouvaient être employés.

Nous avons alors fait fabriquer des tubes à essai spéciaux, en verre pyrex, dont le fond a été étiré, par soufflage, en forme de disque mince (quelques centièmes de millimètre d'épaisseur). En plaçant ce disque en contact avec la surface du bain générateur, de sorte que le maximum d'ultrasons se trouve au centre du disque, la transmission au travers du cliquant de verre est telle que le jaillissement se produit dans le tube contenant le liquide à traiter. Ce procédé ne permet pas d'opérer sur de grandes quantités, mais est très suffisant pour les expériences proposées.

Les résultats globaux ont été les suivants : sulfate de di-méthyle hydrolysé cinq fois plus vite sous irradiation qu'à l'état libre (toutes choses égales par ailleurs); pour l'acétate d'éthyle aucune accélération notable n'a été obtenue.

Avant de tirer quelques conclusions de ces résultats, il convient de retenir que dans le cas de nos expériences, les ultrasons étaient propagés verticalement de bas en haut, par conséquent l'hydrolyse du sulfate de di-méthyle était assurée par l'irradiation immédiate de ce dernier produit qui, plus lourd que l'eau, était au contact du clinquant, alors que l'acétate d'éthyle plus léger se trouvait séparé du fond du tube par l'eau. On peut donc déjà penser que les ultrasons n'accélèrent et n'hydrolysent qu'autant qu'ils assurent une plus grande probabilité de rencontre des molécules, et ce serait alors sim-

---

([3]) *Nat. London*, **131**, 1933, p. 278.

([4]) Mastagli, Mahoux et Bricard, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 267-268.

plement l'effet de mélange ou de dispersion bien connu qui serait la cause de cette action hydrolysante.

Ceci nous a d'ailleurs conduits à reproduire quelques essais pratiques de dispersion de corps par les ultrasons : en opérant par exemple sur de l'eau et de l'huile de ricin, nous avons constaté qu'à la fréquence de 5 Mc c'était l'eau qui se dispersait dans l'huile et jamais l'inverse : en opérant sur un mélange eau-benzène, la dispersion est extrêmement difficile, sinon impossible à la fréquence considérée. On peut se demander si pour de telles fréquences le rapport des viscosités entre les deux corps n'entre pas en jeu, ce qui expliquerait notre succès dans le cas du sulfate de di-méthyle et notre échec dans celui de l'acétate d'éthyle : en effet, la viscosité du second est très proche de celle de l'eau alors que celle du premier en est très éloignée, ce qui reviendrait à dire que l'accélération de l'hydrolyse est simplement due, comme nous l'avons envisagé plus haut, à la plus grande probabilité de contacts entre molécules. On peut cependant envisager une autre hypothèse tirée de l'indication de Dognon ([5]) lorsqu'il dit qu'à l'interface de deux liquides tels que l'huile et l'eau, l'échauffement est maximum, ce qui serait bien entendu en faveur de l'accélération de l'hydrolyse.

Il est possible que ce facteur ait une action, mais celle-ci semble très faible si l'on se réfère à l'expérience de l'acétate d'éthyle qui aurait également dû être hydrolysé, à moins que cet échauffement à l'interface ne soit variable avec les caractéristiques ultrasonores des deux corps en présence.

En effet les densités qui conditionnent fortement lesdites caractéristiques sont plus éloignées pour les phases sulfate de di-méthyle eau, que pour les phases acétate d'éthyle eau : 1,3 à 1 dans le premier cas, et 0,9 à 1 dans le deuxième.

De toute façon, à notre avis, pour de telles réactions, c'est l'action de mélange des deux phases l'une dans l'autre qui conditionne principalement le pouvoir accélérateur des ultrasons de ce type.

La fréquence ne semble donc jouer de rôle que dans la mesure où les caractéristiques acoustiques des deux liquides sont, pour cette même fréquence, différentes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Tensions de dissociation des hydrures alcalins.* Note de M. **Albert Herold**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons généralisé aux hydrures de sodium, de rubidium et de cæsium la méthode déjà appliquée avec succès à l'hydrure de potassium et décrite dans une précédente Note ([1]).

([5]) Dognon et Biancani, *Ultrasons et biologie*, 1937, p. 39.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1826-1827.

L'imperméabilité du tube de nickel au-dessus de 390°C., signalée dans cette Note, a disparu après un chauffage prolongé dans l'hydrogène, ce qui nous a permis d'étendre le champ de nos mesures.

Chaque équilibre a été obtenu dans les deux sens, c'est-à-dire par décomposition de l'hydrure et par absorption d'hydrogène par le métal alcalin : la réversibilité est complète.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des mesures faites sur les hydrures des quatre métaux. Les températures t y sont exprimées en degrés centigrades, et les tensions de dissociation p en millimètres de mercure.

TABLEAU I.

HK.		H Na.		H Cs.		H Rb.	
t.	p.	t.	p.	t.	p.	t.	p.
415,5	528	415	620	377,5	520	–	–
382,5	193	382	233,5	349,5	209	350	476
347,5	56	347	68	308	44	308,5	109
331,5	29,6	331	36	288,5	19,7	289	49,6
306,5	10,9	306	13,2	266	6,85	266,5	18,2
289	4,9	288,5	6,2	245,5	2,55	246	7,1

Les hydrures sont rangés dans ce tableau par tensions de dissociation croissantes. On voit que l'ordre de leurs métaux diffère de celui de la classification périodique.

Les points obtenus en portant en abscisses les inverses des températures absolues et en ordonnées les logarithmes décimaux des tensions de dissociation exprimées en millimètres de mercure se placent sur des droites.

Voici leurs équations :

pour HK.............. $\log p = -6\,175/T + 11,69$
pour H Na .... $\log p = -6\,100/T + 11,66$
pour H Cs............. $\log p = -5\,900/T + 11,79$
pour H Rb............. $\log p = -5\,680/T + 11,80$

Elles représentent nos résultats expérimentaux avec toute la précision désirable. On en tire les chaleurs de formation moléculaires des quatre hydrures dont le tableau suivant donne les valeurs en petites calories.

TABLEAU II.

H Rb.	H Cs.	H Na.	HK.
12 980	13 480	13 940	14 110

Les hydrures sont rangés par chaleurs de formation croissantes. L'ordre de leurs métaux est inverse de celui du tableau I.

Les valeurs des tensions de dissociation de HK, de HNa mesurées par nous se rapprochent de celles qui sont données par Keyes ([2]). A notre connais-

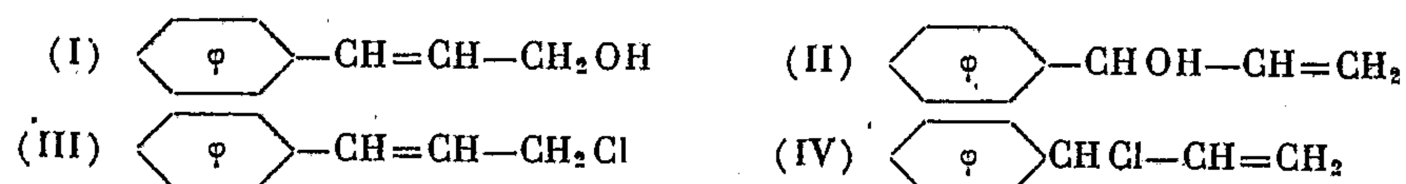
([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 34, 1912, p. 779.

sance, nos mesures sur HCs et HRb donnent les premières valeurs précises de leurs tensions de dissociation, dont on ne connaissait que l'ordre de grandeur.

Les pentes des droites ci-dessus, et par conséquent les chaleurs de formation des hydrures, sont connues avec une erreur relative inférieure à ± 1,5 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'éthérification de deux alcools isomères synioniques : l'alcool cinnamique et l'alcool phénylallylique secondaire.* Note (*) de MM. **Henri Martin** et **Nguyen Quang Trinh**, présentée par M. Paul Pascal.

L'alcool cinnamique (I) et l'alcool phénylallylique (II), isomères synioniques, doivent fournir par éthérification un mélange de deux chlorures : le chlorure de cinnamyle (III) ou chloro-3 phényl-1 propène-1 et le chlorure de phénylallyle secondaire (IV) ou chloro-1 phényl-1 propène-2



On doit obtenir à partir de l'un ou l'autre de ces deux alcools un même mélange des deux chlorures. Les auteurs ont bien obtenu le chlorure (III) à partir de l'acool primaire ou à partir de l'alcool secondaire, mais l'existence de l'autre chlorure ne semble pas avoir été signalée [1]. Les constantes publiées pour le chlorure de cinnamyle sont variables d'un auteur à un autre; ces différences pouvaient s'expliquer par l'existence du mélange des deux chlorures et aussi par le degré de purification du chlorure de cinnamyle. Il était intéressant de reprendre le problème pour obtenir les deux chlorures à l'état de pureté et pour refaire un certain nombre de mesures physiques (moment dipolaire, susceptibilité magnétique, spectre Raman), dont seul le chlorure primaire, à un degré de pureté non précisé, avait été jusqu'ici l'objet.

Préparation des chlorures. — On fait passer un courant d'acide chlorhydrique sec dans l'alcool (I) ou dans l'alcool (II) maintenu vers 40°; après l'augmentation de poids attendue, on sépare l'eau et l'on sèche. Après plusieurs distillations on obtient 2 % de chlorure de phénylallyle bouillant à 72-74° sous 13^{mm} et 48 % de chlorure de cinnamyle bouillant à 106-107° sous 13^{mm} (Rdt total : 50 %).

Mesures physiques. — *Moments dipolaires.* — Les moments mesurés en solutions benzéniques (méthode des doubles battements hérérodynes) sont 1,90 D pour le chlorure de cinnamyle et 2,07 D pour le chlorure de phénylallyle secondaire. Goebel et Wenzke [2] ont aussi trouvé pour le chlorure de cinnamyle 1,9 D, mais il est difficile, vu la marge de l'erreur des mesures des moments, d'émettre des hypothèses sur le degré de pureté du chlorure qu'ils

(*) Séance du 14 février 1949.

(1) Klages et Klenk (*Ber. Deuts. Chem. Ges.* 39, II, 1906, p. 2554) donnent la formule (IV) au chlorure (III).

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 697.

ont utilisé. Comparée avec le moment 1,76 du chlorure du propylbenzène $\overset{-}{\langle\;\rangle}-\overset{+}{C}H_2-CH_2-\overset{+}{C}H_2-\overset{-}{Cl}$, la valeur 1,90 du chlorure de cinnamyle s'explique par le fait que le moment du phényléthylène $\langle\;\rangle-CH{=}CH_2$ ayant l'extrémité positive dirigée vers le cycle benzénique (à l'inverse du toluène $\overset{-}{\langle\;\rangle}-\overset{+}{C}H_3$), s'ajoute au moment de la liaison $\overset{+}{C}-\overset{-}{Cl}$. La valeur mesurée de la réfraction moléculaire pour la raie D (prise comme équivalente à la somme des polarisations atomique et électronique) est 46,8 pour le chlorure de cinnamyle (calculée 44, 55); elle indique une forte exaltation due sans doute à l'effet du groupe allylique conjugué du résonateur benzénique (pour la même raison une exaltation du pouvoir absorbant doit être constatée dans le spectre Raman). La réfraction moléculaire du chlorure de phénylallyle secondaire est normale. L'accroissement assez important du moment du chlorure secondaire met en évidence l'attraction des électrons par le groupement éthylénique et aussi l'induction du Cl sur le cycle voisin, introduisant un moment qui s'ajoute au moment de la liaison $\overset{+}{C}-\overset{-}{Cl}$.

Susceptibilité magnétique. — Les valeurs $-K.10^6 = 95{,}7$ pour le chlorure primaire et $-K.10^6 = 99{,}04$ pour le chlorure secondaire sont en accord avec la systématique de Pascal. Elles montrent pour ces chlorures un comportement normal du Cl, même au voisinage d'une double liaison et aussi une nette différence de nature entre la liaison éthylénique du chlorure secondaire et la chaîne allylique du chlorure primaire.

Spectre Raman. — Le spectre du chlorure de cinnamyle est normal (³). Celui du chlorure de phénylallyle secondaire présente une anomalie. La fréquence 1642 a disparu, l'autre fréquence caractéristique 1297 est conservée (⁴).

Piaux (⁵) a déjà signalé la disparition de la raie 1642 dans le spectre de l'ω-bromostyrolène, elle se confond avec la raie 1600 du benzène grâce à un fort abaissement. Cette disparition néanmoins nous a fait hésiter entre deux formules, celle du chlorure éthylénique secondaire et celle du chlorure saturé secondaire correspondant, mais une étude comparée de ces deux corps donne des valeurs très différentes au point de vue physique : point d'ébullition, réfraction moléculaire, moment dipolaire, et au point de vue chimique : vitesse de réaction sur le nitrate d'argent ($k = 0{,}003$ pour le chlorure éthylénique secondaire et 0,001 pour le saturé secondaire en quantité équimoléculaire, à $-10°$ C., temps en secondes).

(³) F. CLEVELAND et M. J. MURRAY, *Bull. Am. Phys. Soc.*, 13, n° 2, 1938 p. 25; *Phys. Rev.*, (2), 53, 1938, p. 931 et *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 2664.

(⁴) BOURGUEL, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1736.

(⁵) *Ann. Ch.*, 4, 1935, p. 195.

Le tableau ci-dessous résume les résultats.

Alcool phénylallylique sec : $É_{13}$ 103°. *Chlorure de phénylallyle sec* : $É_{13}$ 72-74°; D_4^{20} 1,0625; n_D^{20} 1,5274([6]); Réfraction moléculaire : calc. 44,55; trouvé, 44,20; μ 2,07 D; — K.10⁶ = 99,04; Cl % calc., 23,35; trouvé, 23,25. *Alcool cinnamique* $É_{15}$ 142-145°; F 33°. *Chlorure de cinnamyle* : $É_{13}$ 106-107°; F + 8°; D_4^{20} 1,0926; n_D^{20} 1,5851; Réfraction moléculaire calc., 44,55; trouvé, 46,8; μ 1,90 D, — K.10⁶ = 95,7.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés acétyléniques de l'anthracène : corps halogénés de structure bisallénique*. Note (*) de M. **Guy Rio**, présentée par M. Charles Dufraisse.

a. La comparaison des structures du diphénylphényléthynylcarbinol (II *a*) et du dihydroxy-9.10 *bis*-(phényléthynyl)-9.10 dihydro-9.10 anthracène (V *a*) décrit pas dans une Note précédente ([1]), m'a amené à étudier le comportement de ce dernier sous l'influence des acides. Le carbinol (II *a*) se transpose dans ces conditions en la cétone éthylénique isomère (I) ([2]).

Les réactifs ordinairement utilisés pour effectuer cette transformation ne m'ont pas permis jusqu'ici d'obtenir le composé dicétonique correspondant (IV), le diquinol (V *a*) étant très sensible à l'action des acides, même faibles comme l'acide acétique, qui le résinifient très rapidement. Par contre, l'acide chlorhydrique a donné un mélange de deux produits jaunes chlorés, isomères, de formule brute $C_{30}H_{18}Cl_2$. L'un, prépondérant (80 %), est jaune clair, dimorphe, F 152-153° et 163-164°, l'autre, le moins abondant et aussi le moins soluble, est jaune canari, F 223-224°, et, contrairement au précédent, donne en solution une fluorescence, qui est verte. La lumière transforme le premier corps en l'autre, avec forte résinification.

Reprenant l'analogie, antérieurement soulignée ([1]) entre les carbinols du type (II*a*) et le quinol (V*a*), on pouvait supposer qu'il y avait eu une estérification aboutissant à la formule (V*b*), qui correspond à l'ester chlorhydrique (II*b*) du carbinol, mais qui peut exister justement sous deux formes stéréoisomériques. Cette hypothèse ne peut être retenue. Tout d'abord, d'après leurs spectres d'absorption, les corps chlorés n'ont plus la structure du quinol initial, ainsi que le manifeste déjà leur coloration : ils ont, l'un et l'autre, deux bandes voisines de 4260 et 4050 Å, alors que le quinol, d'ailleurs incolore, n'absorbe pas au dessus de 2790 Å. De plus, leurs atomes de chlore n'ont pas, de loin, l'extrême réactivité qu'auraient ceux de dichlorure répondant à la constitu-

([6]) Constantes publiées par M. F. Caroll, *J. Chem. Soc.*, II, 1940, p. 1266; D_4^{20} 1,092 et n_D^{20} 1,5830.

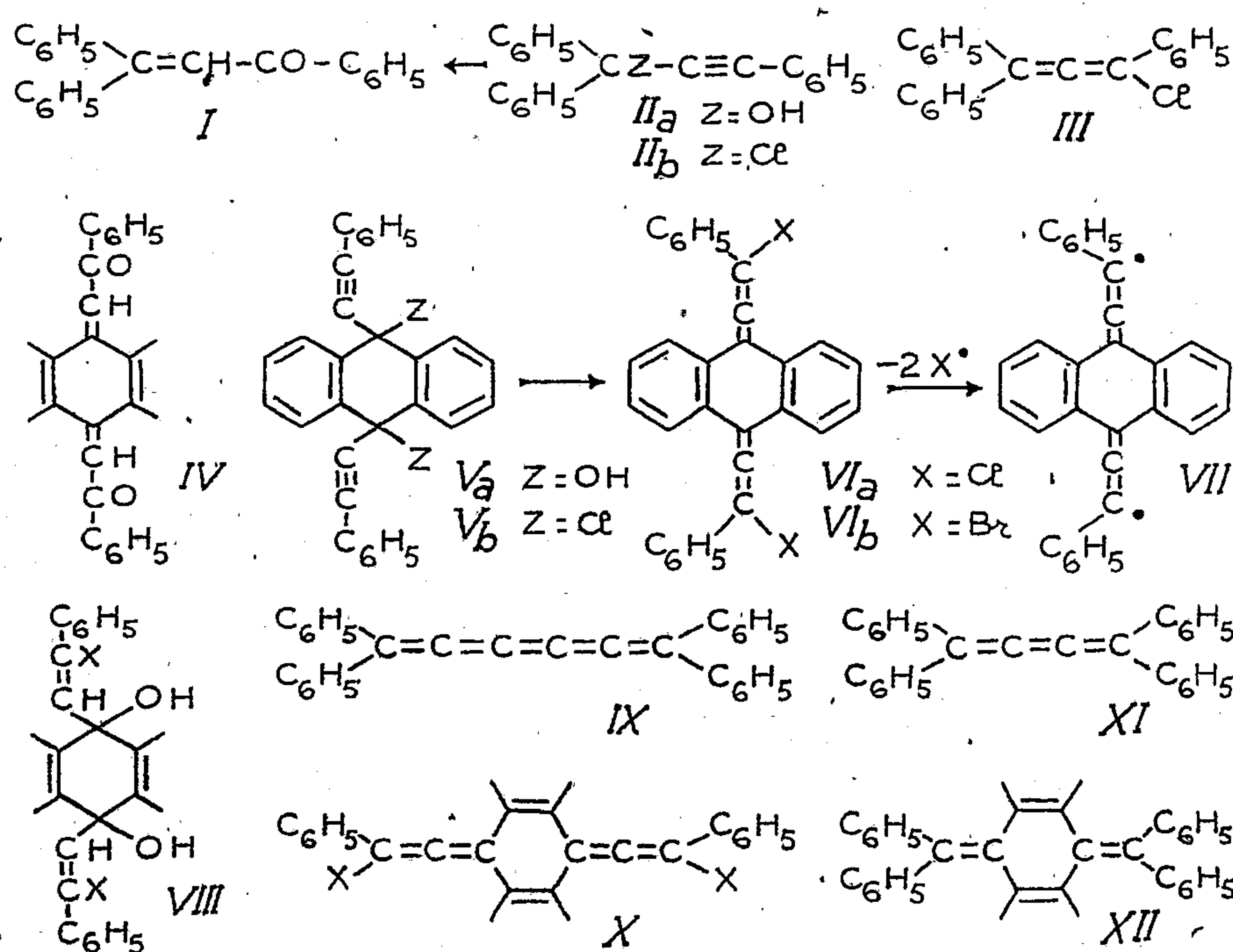
(*) Séance du 24 janvier 1949.

([1]) Ch. Dufraisse, J. Mathieu et G. Rio, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 937-939.

([2]) A. Willemart, *Ann. Chim.*, **12**, 1929, p. 410.

tion (V*b*) : ils opposent une grande résistance aux réactions de double échange, par exemple à l'attaque par le méthylate de sodium en tube scellé à 125°, ou par la solution acétonique d'iodure de sodium en tube scellé à 100°. La seule réaction régulière qui se soit manifestée, et encore pour l'un des produits avec difficulté, est le départ simultané des deux chlores sous l'influence des métaux, avec production de l'hydrocarbure diacétylénique (VII). Comme la formule (VI) prévoit justement une isomérie *cis trans*, on doit en conclure que les deux corps sont les deux isomères stéréochimiques.

La formation de ces substances halogénées est à rapprocher de l'isomérisation supposée de l'ester chlorhydrique (II*b*) en allène (III) ([2]) non encore connu.



b. Une migration anionotropique des esters du type (V*b*) conduirait aux composés (VI), mais le mécanisme qui paraît le plus vraisemblable est analogue à celui qu'a proposé J. Robin ([3]) pour l'isomération du carbinol (II*a*) et de ses dérivés. La fixation d'hydracide sur les triples liaisons donnerait le composé (VIII), qui se déshydraterait immédiatement en dérivé bisallénique (VI); mais il n'a pas été possible de saisir aucun intermédiaire, car la réaction est à peu près immédiate.

La coloration de ces corps est due probablement à la présence d'un système

([3]) *Ann. Chim.*, 16. 1931, p. 421-537.

allénique en conjugaison symétrique avec la résonance d'un système anthraquinoïdique. Il est à remarquer que cette disposition allénique se retrouve dans le cumulène (IX), mais la double liaison médiane est alors remplacée par un noyau anthraquinoïdique (X); l'effet hypsochrome (de rouge écarlate à jaune) observé par passage de (IX) à (X) est analogue à celui que l'on constate en remplaçant les deux carbones médians du tétraphénylbutatriène jaune (XI) par un système anthraquinoïdique, ce qui donne le dibenzhydrylidène-9.10 dihydro-9.10 anthracène incolore (XII).

c. L'acide bromhydrique donne des composés jaunes (VI*b*) analogues aux corps chlorés précédents, mais un seul se forme en proportions suffisamment importantes pour être isolé à l'état pur; de formule brute $C_{30}H_{18}Br_2$, F 251-252°, il n'est pas fluorescent en solution. Quant à l'acide iodhydrique, il réduit simplement le diquinol en hydrocarbure, sans donner de composé iodé du type (VI).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le précalciférol.* Note (*) de MM. **Léon Velluz** et **Gaston Amiard**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Nous appelons *précalciférol* un précurseur du calciférol dont l'existence n'a pas encore été entrevue et que nous isolons, à l'état pur, sous forme de dinitrobenzoate. Le caractère original de cette substance est sa transformation en calciférol, *sans apport d'énergie lumineuse*, ainsi que le faisaient prévoir nos recherches antérieures [1] [2].

I. On irradie pendant deux heures, sous atmosphère d'azote, une solution d'ergostérol à 1,25 %, dans l'éther sulfurique, par la lumière de l'étincelle au magnésium. Après avoir distillé la solution éthérée à basse température, on traite la résine par de l'alcool froid pour éliminer l'ergostérol non transformé. La solution alcoolique est distillée à sec, à température toujours inférieure à 25°, puis on soumet le résidu à l'estérification usuelle, à 15°, par du chlorure de dinitro-3.5 benzoyle en présence de pyridine. Le mélange brut d'esters est enfin fractionné par chromatographie sur alumine.

De la fraction la moins fortement adsorbée on prépare une huile ambrée qui cristallise peu à peu sous ligroïne. *Le dinitrobenzoate de précalciférol* se sépare ainsi avec un rendement pouvant atteindre 50 % par rapport à la résine mise en œuvre. Dans des conditions identiques de cristallisation, le dinitrobenzoate de précalciférol est en fines aiguilles jaune pâle, tandis que le dinitrobenzoate de calciférol offre des cristaux massifs, jaune vif (Photographie).

(*) Séance du 14 février 1949.

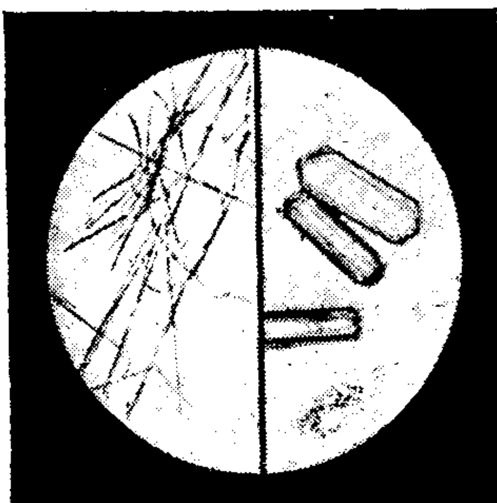
(1) L. Velluz, A. Petit, G. Michel et G. Rousseau, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1287.

(2) L. Velluz, A. Petit et G. Amiard, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 1115.

Analyse. — Calculé % C 71,2; H 7,85; N 4,7; M. 590; Trouvé % C 70,9; H 7,8; N 4,7; M. 560.

Ainsi que le montrent l'analyse centésimale et la cryoscopie, le dinitrobenzoate de précalciférol est isomère du dinitrobenzoate de calciférol. Mais on

Dinitrobenzoate de précalciférol.



Dinitrobenzoate de calciférol.

le distingue sans équivoque de cette dernière substance, magistralement étudiée par Windaus, de même qu'il ne peut être confondu avec aucun des dérivés déjà décrits dans la genèse photochimique du calciférol. Nous rappelons ci-après pour comparaison les constantes physiques indiquées dans diverses publications ou déterminées par nous-mêmes au cours de ce travail.

	Ergostérol (dinitrobenzoate).	Lumistérol (dinitrobenzoate).	Tachystérol (*) (substance amorphe).
F (inst.)	203°	140–141°	–
$(\alpha)_D$	$-50°$ ($CHCl_3$)	$+24°$ (C_6H_6)	$-70°$ (essence)

	Précalciférol (dinitrobenzoate).	Calciférol (dinitribenzoate).	Suprastérol I (dinitribenzoate).	Suprastérol II (dinitribenzoate).
F (inst.)	103–104°	158–159°	154°	180–181°
$(\alpha)_D$	$+30°$ (C_6H_6) $+45°$ ($CHCl_3$)	$+57°$ ($C_6H)_6$ $+88°$ ($CHCl_3$)	$+32°$ ($CHCl_3$)	$-11°$ ($CHCl_3$)

(*) Le dinitrobenzoate de tachystérol n'est pas décrit, mais il doit posséder un pouvoir rotatoire négatif puisque le tachystérol non estérifié est fortement lévogyre.

On remarque que le pouvoir rotatoire du nouveau dérivé est de signe opposé à celui du tachystérol.

La saponification à 10-15° conduit au précalciférol. Nous n'avons pas encore réussi à obtenir ce corps sous forme cristallisée. Son pouvoir rotatoire spécifique pour la raie D est voisin de $+43°$ (benzène).

Le précalciférol ne précipite pas par la digitonine. Traité par le chlorure de dinitrobenzoyle, il fournit le dinitrobenzoate de précalciférol offrant les caractéristiques ci-dessus. Sa structure n'est donc pas sensiblement altérée par la saponification alcaline.

II. Le pouvoir rotatoire du dinitrobenzoate de précalciférol est plus faible que celui du dinitrobenzoate de calciférol : $+30°$, au lieu de $+57°$, en

solution benzénique à 1 % et pour la raie D. Fait remarquable, il évolue lentement sous l'influence d'un chauffage modéré, à l'abri de la lumière, et tend vers une valeur constante, voisine de + 50°. On recueille d'emblée, par concentration sous vide, environ 65 % de dinitrobenzoate de calciférol pur, en même temps que l'on retrouve 20 % de dinitrobenzoate de précalciférol non transformé.

Nous avons renouvelé l'essai avec le précalciférol libre, dont la rotation spécifique est inférieure de près de moitié à celle du calciférol, + 43° au lieu de + 85°. En solution benzénique à 1 % et à 60°, l'évolution du pouvoir rotatoire est rapide. Après 20 heures, la rotation spécifique atteint + 70° et, si l'on procède, dès ce moment, à l'estérification du produit par le chlorure de dinitro-3.5 benzoyle, on recueille le dinitrobenzoate de calciférol avec un rendement de 75 % par rapport au précalciférol mis en œuvre.

En bref, l'isomère du calciférol que nous venons de décrire offre l'aptitude très singulière de donner naissance au calciférol par un réarrangement n'exigeant pas de photons.

GÉOLOGIE. — *Le Suggarien du Sahara central.* Note de M. **Maurice Lelubre**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Le Suggarien, terme inférieur de l'Antécambrien saharien, constitue deux blocs séparés par un vaste fossé pharusien : d'une part, l'Ahaggar central, d'autre part, l'axe de l'Adrar des Iforas et le Tanezrouft oriental.

Les séries suggariennes sont très variées, en majeure partie d'origine sédimentaire, caractérisées par un métamorphisme cata. Malgré le décapage considérable dû aux érosions successives, il est possible de retrouver les éléments d'une structure géologique encore très nette.

En Ahaggar, on peut distinguer deux grandes zones séparées sensiblement par les vallées opposées subméridiennes des deux oueds Irar'rar.

A. *Zone orientale.* — S'étendant sur l'Eg'éré, le Tourha, l'Aleksed, la Tazoulet et l'Arefsa, une vaste chaîne plissée est visible sur plus de 100^{km} de largeur et de 500^{km} du N-N-W au S-S-E.

Cipolins et quartzites dominent en Eg'éré et Arefsa, associés aux gneiss et aux amphibolites. Dans la partie médiane de la chaîne, on retrouve en bordure des cipolins et des quartzites, mais surmontés dans la région axiale par des gneiss œillés, souvent artéritiques, et des amphibolites.

Ces séries sont plissées et le style appalachien de la tectonique est typique. J'ai déjà insisté sur ce fait pour l'Eg'éré [1]. L'Arefsa présente les mêmes caractères : synclinaux et anticlinaux droits ou déversés, parfois couchés, se succèdent d'Est en Ouest et se relient du Nord au Sud, allongés N-N-W dans l'ensemble. Dans le Tourha, les plis étroits et allongés

---

(1) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 338-340.

des chaînons quartzo-calcaires de bordure encadrent de larges ondulations des gneiss centraux. Les plis s'incurvent vers l'Est dans l'Aleksed en une vaste virgation, deviennent plus serrés, puis reprennent la direction générale dans la Tazoulet.

Dans cette zone, les granites et les migmatites sont pratiquement absents; les artérites et les ptygmatites du Tourha sont sans liaison visible avec des granites. Cependant, on retrouve dans l'axe de certaines zones anticlinales érodées des gneiss migmatiques et des pointements granitiques, sans qu'on puisse observer de coupure avec les séries supérieures.

B. *Zone occidentale*. — A l'Ouest des Oueds Irar'rar, les choses sont très différentes. Dans le Rharis, à l'Ouest de la Tefedest et de l'Arechchoum, ce sont surtout des gneiss à biotite très recristallisés, un peu plissés, passant à des migmatites; des intercalations de cipolins et de quartzites montrent le caractère sédimentaire de l'ensemble; il est difficile d'y retrouver une structure d'ensemble. Dans l'Arechchoum, l'Atakor et au Sud de Tamanrasset, cipolins et quartzites (parfois à graphite), deviennent plus fréquents, au milieu de gneiss à biotite et à amphibolites toujours très recristallisés et plissés, passant à des migmatites et granites d'anatexie.

Les granites sont extrêmement abondants, souvent difficiles à distinguer des gneiss migmatiques; ils occupent d'immenses surfaces (Tefedest, Atakor, Sud-Est de Tamanrasset). Il est possible d'y reconnaître plusieurs générations dont je préciserai ultérieurement les caractères.

Il y a opposition complète, lithologique et structurale, entre ces deux zones. Les gneiss migmatiques sont généralement au-dessous des séries quartzo-calcaires; aussi pourrait-on penser à première vue à l'existence de deux séries. Cependant, aucune discontinuité stratigraphique ne les sépare; s'il y a disharmonie entre la tectonique des deux ensembles, il n'en existe pas moins un plan structural unique. Il s'agit de deux zones distinctes qu'on peut rapporter, la première à la *superstructure*, et la seconde à l'*infrastructure* d'un même édifice orogénique, suivant la terminologie de C. E. Wegmann. Dans la zone de passage, on observe souvent d'importants phénomènes de boudinage (*I-n*-Deleg'). Il faut aussi remarquer l'allure rectiligne de la ligne de séparation, indice de mouvements de style cassant.

Le Nord de l'Adrar des Iforas et le Tanezrouft oriental montrent une disposition intermédiaire. On y voit de longues chaînes quartzo-calcaires plissées, de tectonique appalachienne, orientées N-N-E à N-N-W (*Ti-m*-Metrine; Aïloum, *I-n*-Tacharat; Ikouhaouène; Ifenane, Dherreg; Ireliane). Elles alternent avec des zones de gneiss souvent migmatisés et granitisés. Cependant granites et migmatites atteignent aussi les chaînes quartzo-calcaires qu'ils prennent parfois en écharpe.

En résumé, en Ahaggar, au Tanezrouft oriental et au Nord de l'Adrar des Iforas, le Suggarien constitue typiquement un *cycle orogénique* dont on retrouve les phases successives de sédimentation, métamorphisme, plissement, migmatisation et venues granitiques.

La sédimentation est très différenciée; on y remarque l'abondance des formations détritiques (quartzites) et organogènes (quartzites, roches à graphite). Il est possible d'y suivre des variations de faciès.

On reconnaît une superstructure dont les plis sont de style appalachien et

une infrastructure de tectonique plus confuse, migmatisée et granitisée. La tectonique souple caractérise la phase principale de plissement; mais on retrouve en fin de cycle des accidents cassants, accentués avant la transgression pharusienne ([2]), liés peut-être aux mouvements de surrection de la chaîne.

Le métamorphisme général apparaît, dans l'ensemble, antérieur aux principaux plissements. Au contraire, les phénomènes de migmatisation et les venues granitiques semblent plus tardifs. Remarquons d'ailleurs qu'il n'est pas toujours facile de distinguer granites et migmatites suggariens de ceux du Pharusien.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la tectonique du chaînon de Roqueforcade-Nans, dans le massif de la Sainte-Baume.* Note de Mme **Suzanne Fabre-Taxy**, MM. **Georges Corroy** et **Claude Gouvernet**, présentée par M. Paul Fallot.

De nouvelles observations sur le terrain, à la suite de travaux de géologie appliquée et de déboisements dus aux incendies de forêts, nous permettent de confirmer nos exposés sur la tectonique du Nord du Massif de la Sainte-Baume.

Le chaînon de Roqueforcade-Nans est bien un pli jurassique *à double déversement* sur deux synclinaux crétacés; accident banal en tectonique pyrénéo-provençale. Son enracinement est visible aux deux extrémités : Saint-Pons et Châteauneuf, sur le Trias autochtone. Mais, dans le développement de ce pli, la disposition synclinale, constatée entre le Plan-d'Aups et Nans, est trompeuse pour un observateur non averti : certains contours donnent l'illusion du Jurassique charrié sur le Crétacé.

A Saint-Pons, l'anticlinal, d'allure jurassienne, montre un flanc Nord-Ouest complet du Trias au Crétacé inférieur, ennoyé sous l'Oligocène de Gémenos, et un flanc sud-est, réduit au Séquanien-Valanginien, accolé à la verticale au Sénonien qui dessine, lui aussi, une charnière anticlinale. Un pli-faille est ainsi visible sur 3^{km} de longueur. Des sondages aux environs de la résurgence de Saint-Pons ont souligné la continuité entre le Trias gypsifère du lieu et celui de la charnière du pli couché de la Sainte-Baume (Nord de Cuges) *par-dessous* le synclinal qui amorce la série renversée.

Au Nord de Bretagne, le flanc nord-ouest se relève et chevauche le Crétacé enveloppant le dôme de la Lare; le flanc sud-ouest, de plus en plus réduit, disparaît sous la transgression maestrichtienne, tandis que l'anticlinal de Sénonien (très aigu) éclate dans une boutonnière d'Hauterivien, entre Roqueforcade et la crête de la Sainte-Baume (Pic des Corbeaux).

Cet anticlinal sénonien s'élargit vers le Plan d'Aups, se casse et se complique de petits synclinaux secondaires dans lesquels plusieurs auteurs ont cru voir

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 419-420; *C. R. Somm. S. Géol. Fr.*, 1948, p. 256.

des fenêtres de Séquanien appartenant au flanc inverse de la série, soit disant charriée, de Roqueforcade. Il s'agit là de calcaires santoniens. Dans le fond du ravin, entre le Plan d'Aups et la Grande-Bastide, ils sont en contact à la verticale avec le Lias du chaînon jurassique.

Celui-ci prend alors une allure synclinale trompeuse quant à son interprétation tectonique, notamment dans la cluse de l'Huveaune, où les poudingues de ravinement, consécutifs à une phase orogénique importante (Maestrichtien), masquent en partie un accident tranversal.

A l'Est de cette cluse, le déversement sud n'existe plus. Seule, la colline du Vieux-Nans correspond à un anticlinal déjeté vers le Nord, dont la charnière bathonienne s'observe près du cimetière de Nans. Ce village n'est pas situé à l'extrémité du pli : il est construit sur le Jurassique supérieur qui se prolonge en un plateau kiméridgien, et non en une succession de buttes isolées flottant sur le Crétacé. Le soubassement oriental de la côte 416,9 montre, par exemple, le Santonien subvertical du Bassin du Cauron qui repose sur lui. Au Nord-Est de Nans, un brachysynclinal de calcaires portlandiens et valanginiens souligne le passage de la transgression aptienne par une languette de Gargasien considérée par Haug comme une fenêtre. Mais les pendages et l'ordre de succession établissent clairement le caractère du dispositif.

Au Nord enfin, le Jurassique supérieur vient buter contre les calcaires du Muschelkalk de la zone triasique de Saint-Maximin. Dans les environs de Châteauneuf, où l'on voit la superposition des poudingues maestrichtiens directement sur le Trias, on peut suivre le contact à la verticale des dolomies jurassiques de Nans avec le Trias. Ce contact est marqué par des apparitions locales de marnes bathoniennes très froissées et de roches mylonitiques tenant la place du Lias et de l'Infralias. La source abondante de Châteauneuf émerge à ce contact.

Les collines de Nans s'appuient donc sur le Trias dont elles forment la couverture, tout comme le chaînon de Ribier qui les prolonge vers l'Est, au delà du lac oligocène de la Tuilière.

Bien que la carte détaillée de l'un de nous [1] indique, dans son objectivité, certains contacts dont l'interprétation peut porter le lecteur à admettre l'hypothèse de flottement du chaînon de Roqueforcade-Nans, si nous avons adopté l'hypothèse contraire, c'est que les observations accumulées de tous les détails nous y ont obligés. Les faits énumérés ici confirment pleinement que les terrains de ce chaînon appartiennent à une série jurassique *enracinée* sous le Crétacé supérieur commun à la couverture du dôme de la Lare et au socle de la série renversée de la Sainte-Baume.

---

[1] *Bull. Carte géol. de la France*, n° 201, 41, 1939, Pl. hors-texte.

GÉOLOGIE. — *A propos du glissement de la couverture au Sud-Ouest du massif de l'Argentera.* Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. Paul Fallot.

Les observations présentées ici par P. Bordet sur le déplacement horizontal de la couverture jurassico-crétacée au Nord du Dôme de Barrot (1) offrent un grand intérêt au point de vue de l'interprétation des chaînes subalpines.

L'analyse des plis de couverture au Sud du Dôme de Barrot avait déjà montré que l'amplitude du rétrécissement horizontal dépasse une dizaine de kilomètres. A l'Ouest, autour de Digne, on trouve pour les rétrécissements horizontaux des valeurs du même ordre; le chevauchement du Bès, à lui seul, atteint une amplitude de 16^{km} (2). De tels déplacements horizontaux posent la question de savoir où la couverture peut être considérée comme reposant normalement sur le socle paléozoïque, sans glissement, et sous quelle forme s'est traduit pour le socle le rétrécissement qu'indique la couverture.

J'avais supposé autrefois que les élévations locales du socle que constituent respectivement le Dôme de Barrot et le pointement houiller de Barles (seul affleurement d'une crête qui paraît assez continue en profondeur) marquaient la trace d'accidents profonds à forts rejets horizontaux, qui auraient été responsables de ce rétrécissement. La Note de P. Bordet montre qu'il n'en est rien : le glissement horizontal est presque aussi fort au Nord du Dôme de Barrot qu'au Sud. Il est permis de supposer que le soulèvement de celui-ci (ou tout au moins sa plus grande partie) est postérieure au glissement; celui-ci a affecté toute la région comprise entre le massif de l'Argentera et le faisceau des plis de Castellane, soit une zone de 40^{km}, tabulaire, abstraction faite du Dôme de Barrot. L'absence de plis notables sur toute cette largeur paraît en relation avec l'épaisseur considérable du Crétacé et du Tertiaire (région du Haut Verdon). Au contraire, dans la région de Castellane, les épaisseurs diminuent beaucoup, le Secondaire passant aux faciès provençaux, et le Nummulitique ne s'étant pas déposé. Il est difficile de dire si les altitudes moindres de cette zone tiennent, ou non, à des gauchissements post-tectoniques (pliocènes). Le plissement de la série épaisse, au voisinage du massif de l'Argentera, aurait absorbé plus de travail mécanique, que n'en ont absorbé ensemble son glissement horizontal sur quarante kilomètres de largeur et le plissement de la série amincie de Castellane.

On retrouve donc ici, avec une amplitude à peine moindre, le mécanisme proposé par M. Lugeon pour expliquer la formation du Jura par un glissement d'ensemble de la couverture secondaire et tertiaire de la plaine

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 408.

(2) Jean Goguel, *Description tectonique de la bordure des Alpes de la Bléone au Var* (*Mém. Carte*, Paris, 1937, et *Bull. Carte Géol.*, 41, n° 202, 1939).

suisse, les plis ne s'étant produits que dans la zone à Tertiaire (et Crétacé) peu épaisse du faisceau principal du Jura. Mais ici, le soulèvement ultérieur du Dôme de Barrot a permis à P. Bordet d'étudier pour la première fois la surface même du glissement dans la région tabulaire, ce qui est impossible dans le cas du Jura.

Un mécanisme analogue a dû jouer pour l'ensemble des chaînes subalpines; les plissements de la région du Ventoux, par exemple, ne sont sans doute qu'une manifestation d'un glissement d'ensemble de la couverture, sur les 90^{km} qui les séparent du Pelvoux. De même, les plissements du Vercors et de la Chartreuse sont une répercussion directe du mouvement de Belledonne.

Le déplacement initial, au contact du Massif de l'Argentera et des autres massifs cristallins, est-il dû aux déplacements horizontaux de ceux-ci, ou simplement au glissement sur leur flanc de la série sédimentaire, inclinée au cours d'un soulèvement vertical? Je penche, personnellement, vers la première hypothèse; l'existence de déplacements horizontaux des massifs cristallins ne saurait en effet faire de doute. En particulier, les nappes helvétiques, qui résultent de l'écrasement du sédimentaire compris entre deux massifs cristallins, montrent l'importance du déplacement mutuel relatif de ceux-ci. Il est donc vraisemblable que les massifs les plus externes ont subi aussi un déplacement horizontal, en poussant devant eux la couverture, au mouvement de laquelle ne s'opposait aucune butée.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les contacts de calcaires métamorphiques et de pegmatites dans la région de Fort-National (Grande Kabylie).* Note de M. **Jean Thiebaut**, présentée par M. Paul Fallot.

Les calcaires métamorphiques affleurent au Nord de Fort-National, dans une région essentiellement constituée par des gneiss œillés, fréquemment parcourus par des filons de pegmatite. L'affleurement calcaire s'étend sur une longueur approximative de 8^{km}, sur une largeur variant de 500^{m} à l'Ouest à 2500^{m} à l'Est; le plongement des couches est variable (25° à 45°, en moyenne, dans des directions allant du Sud-Sud-Ouest au Sud-Est). Dans les régions où le calcaire est le plus pur, sa masse est formée de gros cristaux maclés, blanchâtres. Son odeur est fétide au choc. En lame mince, on peut distinguer, à côté de grandes plages de calcite à extinction régulière, de petits cristaux de quartz à extinction roulante et des paillettes de muscovite fréquemment associées à ce quartz; les inclusions charbonneuses et pyriteuses ne sont pas rares.

De tels calcaires sont fréquemment bordés à l'Est et au Sud par des pegmatites et des aplites granitiques, ou très souvent recoupés par de gros filons ou de petits filonnets de même nature, qui peuvent aussi s'interstratifier dans leur masse.

Près du village d'Iril bou Anou, j'ai trouvé dans un bloc de calcaire métamorphique, en place, sans aucune relation visible, une *amande pegmatitique*, de forme elliptique (8^{cm} sur 5^{cm}) dont les contours sont diffus : elle envoie des prolongements de quelques centimètres le long desquels la pegmatite s'appauvrit progressivement en feldspath pour n'être finalement constituée que par du quartz.

L'examen d'une plaque mince, taillée exactement au contact du calcaire métamorphique et de la pegmatite révèle les caractères suivants : On y distingue de larges plages de calcite en gros cristaux bien individualisés, toujours fortement maclés. Ces cristaux s'étendent dans une région riche en feldspaths; ceux-ci comprennent, outre quelques plages de myrmékite, des plagioclases (An_{60} = andésine-labrador) dont il faut remarquer la basicité tout à fait exceptionnelle (les plagioclases que l'on rencontre le plus fréquemment dans les gneiss et les pegmatites voisines étant de l'oligoclase); ces plagioclases sont d'ailleurs souvent zonés, et l'on y distingue de nombreuses inclusions de calcite à contours très nets. Le quartz, aux environs de ces feldspaths, n'est pas rare; il est très fréquent, en petits cristaux, au voisinage de l'épidote et de la zoïsite qui sont très abondantes dans toute la préparation de même que le sphène, une hornblende verte très ferrifère et du graphite. Notons aussi la présence de grandes plages d'un minéral du groupe des humites, qui paraît être la chondrodite, serpentinisée en plusieurs points.

Afin d'étudier les variations de composition de l'*apport* et de la roche encaissante, des analyses chimiques ont été effectuées; elles se rapportent à :

1. Calcaire métamorphique à 10^m du contact.
2. Calcaire métamorphique à $0^m,02$ du contact.
3. Pegmatite en amande dans le calcaire métamorphique.
4. Pegmatite de bordure de la zone calcaire.

	1.	2.	3.	4.
SiO_2	2,10	19,2	47,7	73,5
Al_2O_3	0	2,1	25,5	16,6
FeO + Fe_2O_3	0,25	3,5	2,4	1,6
TiO_2	–	0,4	0,9	–
CaO	54,0	40,5	14,5	1,1
MgO	0,4	0	0	1,0
K_2O	–	0,4	0,1	1,6
Na_2O	–	3,1	4,0	3,9
CO_2	42,9	30,0	3,8	–
H_2O	0,1	0,1	0,1	0,2
	99,75	99,3	99,0	99,5

On peut, en gros, admettre que 1 représente la roche encaissante non modifiée, 4 l'*apport*, 2 et 3 les modifications apportées au calcaire par la pegmatite; les

résultats de l'analyse chimique aboutissent aux mêmes conclusions que l'examen microscopique : dans 2 l'apport est essentiellement constitué par la silice qui a cristallisé en quartz; nous avions observé cet enrichissement progressif en quartz au fur et à mesure qu'on s'éloigne du centre de l'amande feldspathique; 3 au contraire montre le rôle de l'alumine. La comparaison de 3 et 4 marque la profonde transformation de la pegmatite, qui se traduit (virtuellement) par

	3.	4.
Calcite	9,7	
Anorthite	47,0	5,1
Albite	36,0	35,0
Orthose	0,1	9,7
Quartz	1,5	42,3
Corindon	4,4	7,1

Les modifications exprimées par les quatre analyses montrent l'existence d'une diffusion fractionnée de la pegmatite dans le calcaire; ce phénomène s'explique si l'on songe que l'apport est fluoré, comme l'indique la présence de chondrodite dans la pegmatite, donc pneumatolytique, et qu'il a permis la mobilisation des éléments.

Des faits analogues ont été observés en plusieurs autres points; les analyses minéralogiques et chimiques concordant partout permettent d'énoncer la conclusion suivante :

Dans les calcaires métamorphiques de la région de Fort-National, il y a eu apport pegmatitique; cet apport s'est accompagné de phénomènes d'assimilation de la roche encaissante, qui se sont traduits par une augmentation de la basicité de cet apport.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la variation, au cours du cycle solaire, de la période et de l'ampleur de la récurrence des orages magnétiques.* Note (*) de M. **Émile Thellier** et Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

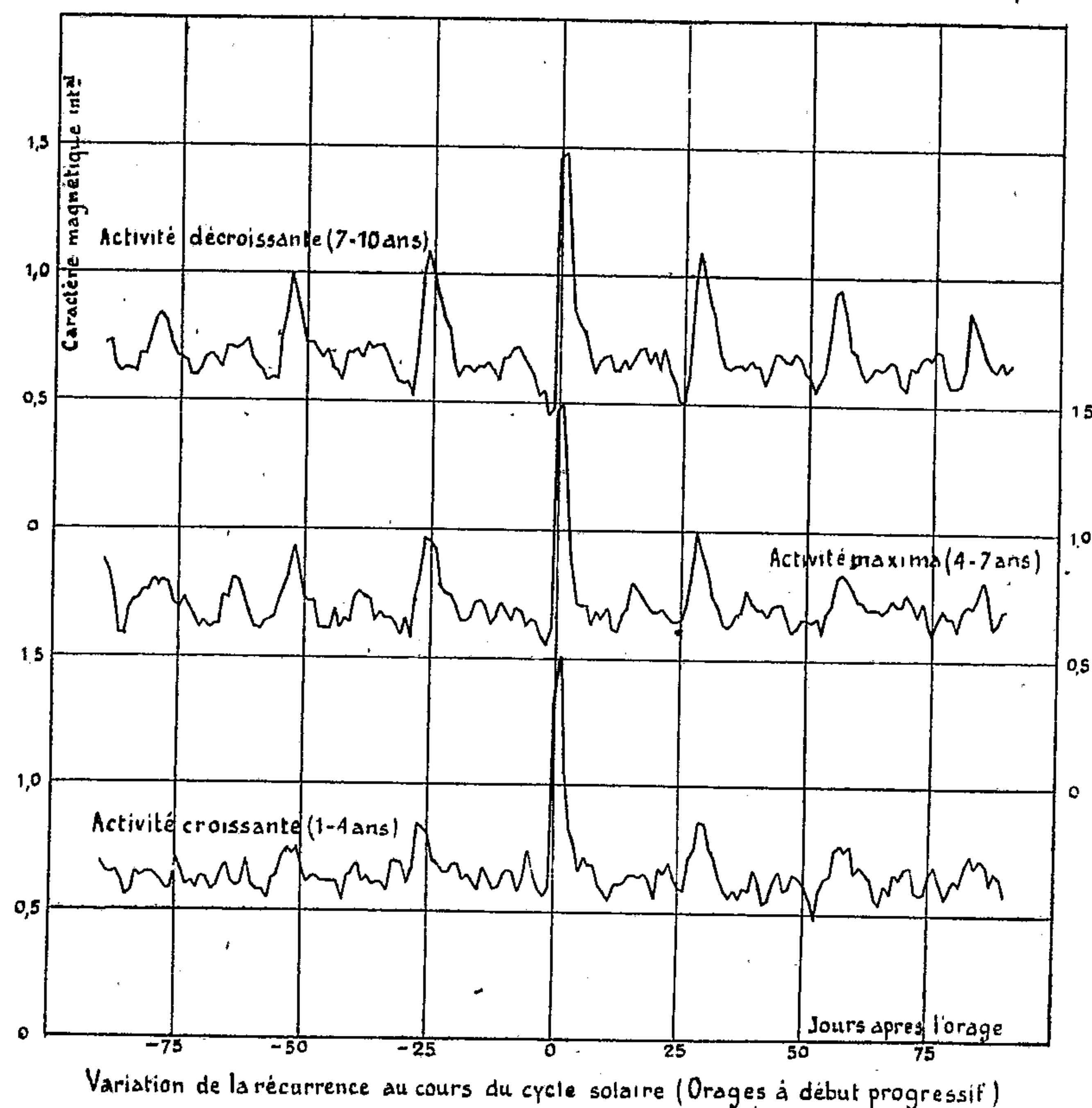
Dans une Note récente ([1]) nous avons établi une différence entre les orages magnétiques à début brusque net et les orages à début progressif : les premiers ne présentant pas du tout la récurrence à 27 jours d'intervalle que montrent très nettement les derniers. Il en résulte que l'étude des modalités de cette récurrence ne devrait porter que sur les orages du second groupe; nous avons appliqué cette idée à la variation (période et ampleur) de la récurrence au cours du cycle solaire ([2]), déjà étudiée par de nombreux auteurs, mais jusqu'ici sur tous les orages indistinctement.

(*) Séance du 14 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1044-1046.

([2]) Résultats présentés au Congrès de l'U. G. G. I., Oslo, août 1948.

Reprenant les 328 orages à début franchement progressif de notre travail antérieur ([1]), nous les avons classés en trois groupes d'après leur date dans le cycle solaire : phase de croissance de l'activité, de 1 à 4 ans ([3]); phase de maximum, de 4 à 7 ans; phase de décroissance, de 7 à 10 ans. Les orages de la première et de la dernière année de chaque cycle sont abandonnés parce qu'ils correspondent à une époque de superposition d'un cycle finissant et du cycle suivant. Pour chacun des trois groupes d'orages, séparément, nous avons tracé, comme précédemment ([1]), les courbes de récurrence du caractère magnétique C pour l'intervalle de — 90 à + 90 jours (figure).



Variation de la récurrence au cours du cycle solaire (Orages à début progressif)

1° Variation de la période de récurrence durant le cycle undécennal.

Si les régions M de Bartels, dont le rayonnement corpusculaire persistant serait la cause des orages récurrents, dérivent en latitude héliocentrique comme les taches, au cours du cycle undécennal, la période de récurrence doit diminuer du début à la fin de chaque cycle. Les recherches les plus récentes sur cette question, conduites de façons diverses, ([4]) ([5]), n'ont pas fourni de réponse

([3]) Par année, il faut entendre plus exactement, onzième partie du cycle solaire.

([4]) *Mont. Not. Roy. Ast. Soc. London*, **99**, 1939, p. 723-729.

([5]) N. P. Benkova, *Terr. Magn.*, **47**, 1942, p. 147-153.

décisive. Sur les courbes que nous avons obtenues (*fig.* 1), on trouve, en mesurant la distance des pointes de récurrence : 27,0 jours pour les phases de maximum et de décroissance et 27,5 jours pour la phase de croissance, ce qui s'accorderait avec les résultats d'Archenhold ([4]). Mais les pointes de récurrence étant très peu marquées dans la courbe inférieure (phase de croissance), la seconde valeur est très mal déterminée. Notre statistique étant très étendue, nous conclurons plutôt que, au moins pour les orages d'intensité notable, la question posée est essentiellement sans réponse : la variation undécennale de la période de récurrence n'est certainement pas grande, mais elle est surtout mal définie.

2° Variation de l'ampleur de la récurrence dans le cycle.

Il est bien connu que l'ampleur de la récurrence, sa probabilité si l'on veut, est la plus grande pendant la période de décroissance de l'activité solaire, comme on l'a montré par des méthodes variées : diagrammes de récurrence ([6]), courbes de récurrence du caractère magnétique ([4]), probabilité de récurrence ([5]) et, récemment, méthode de corrélation ([7]). Mais ce fait, établi à partir de tous les cas d'agitation, pourrait être dû à l'inégale répartition dans le cycle des orages à début brusque et des orages à début progressif, les derniers étant de beaucoup les plus nombreux vers la fin du cycle.

Cependant, cette répartition, qui favorise incontestablement le caractère récurrent de l'ensemble des orages en fin de cycle, n'agit pas seule. En effet, sur la figure relative aux seuls orages à début progressif, on observe une différence considérable entre les trois phases du cycle : la récurrence très peu nette pendant la phase de croissance, plus nette pendant celle de maximum, l'est beaucoup plus encore pendant celle de décroissance; les six pointes possibles sont alors fortement marquées. Nous montrons ainsi que l'exaltation du caractère récurrent dans la seconde moitié du cycle solaire est une propriété intrinsèque des orages à début progressif.

AGRONOMIE. — *Sur la possibilité d'augmenter le rendement de l'Arachide par suppression des bourgeons terminaux.* Note de M. **Pierre Prévot**, présentée par M. Albert Demolon.

Quand on examine des pieds d'Arachide arrivés à maturité, on est frappé du fait que le nombre de fruits mûrs portés par chaque plante ne représente qu'une fraction peu importante du nombre total de gynophores et de fruits. C'est ainsi que dans une de nos expériences réalisées à Antibes en 1948, où cependant nous avions obtenu en culture jardinée un rendement très élevé

([6]) J. Bartels, *Terr. Magn.*, 37, 1932, p. 1-52 et 39, 1934, p. 201-202.
([7]) A. H. Shapley, *Trans. Amer. Geophys. Union*, 28, 1947, p. 715-721.

d'environ 4 tonnes à l'hectare, nous avons noté les nombres moyens suivants par plante :

Gynophores.	Fruits non mûrs.	Somme.	Fruits mûrs.
76	37	113	63

Le nombre de fruits mûrs ne représente qu'environ 35 % du total des gynophores et fruits formés.

Nos recherches sur la croissance et le développement en rapport avec la nutrition minérale de l'Arachide nous amènent à proposer un moyen original qui pourrait augmenter considérablement la productivité.

Nous donnons dans le tableau I les résultats de nos mensurations sur la croissance en longueur de l'Arachide.

TABLEAU I. — *Longueurs en centimètres.*

Prélèvements.	Cot. 1 + 2 (1).	principale.	Total.	Reste de la plante (2).
3 floraison........	10,1	4,5	21,7	11,6
4 »	16,7	7,5	42,2	25,5
5 »	63,7	10,3	121,8	58,1
6 gynophores......	150,3	14,6	301,7	151,4
7 »	223,2	21,8	538,7	315,5
8 »	347,8	22,6	718,1	370,3

(1) Cot. 1 + 2 = somme des longueurs totales des deux bourgeons cotylédonaires.
(2) Total — longueur des bourgeons cotylédonaires.

D'autre part, nous avons constaté que les deux bourgeons cotylédonaires ont formé, en moyenne, plus de fruits mûrs que le reste de la plante (35 pour les bourgeons cotylédonaires, 28 pour le reste de la plante) et que ce sont les nœuds inférieurs qui forment le plus de fruits.

Ces données nous permettent de conclure que : 1° Les bourgeons cotylédonaires ont une importance égale au reste de la plante, tant au point de vue croissance qu'au point de vue rendement;

2° La croissance des bourgeons cotylédonaires est uniforme;

3° La croissance du reste de la plante manifeste deux points d'accélération, l'un à la floraison, l'autre au moment où la plante a enfoncé de nombreux gynophores dans le sol.

Or, nous retrouvons ces deux points dans la nutrition azotée et potassique déterminée par la méthode du diagnostic foliaire de Lagatu et Maume (*voir* Tableau II).

Les périodes de croissance active correspondent donc à des périodes d'accumulation intense de N et de K.

Il est donc normal de supposer que la grande uniformité de croissance des bourgeons cotylédonaires provient de leur situation privilégiée sur le passage des substances nutritives.

TABLEAU II.

Vitesse (*) d'accumulation par feuille en at/mg par jour.

Prélèvements.	Sans engrais. N.	Sans engrais. K.	Avec engrais. N.	Avec engrais. K.
De 1 à 2 (12 jours)................	0,33	0,083	0,36	0,083
2 3 (6 »).................	2,48	0,344	2,98	0,550
3 4 (7 »), floraison........	2,33	0,585	2,89	0,630
4 5 (17 »).................	0,85	0,076	0,32	−0,017
5 6 (25 »).................	0,04	0,009	0,25	0,010
6 7 (14 »), gynophores......	0,35	0,228	1,12	0,393
7 8 (17 »).................	0,28	−0,406	−0,06	−0,400

(*) Vitesse d'accumulation = $\frac{\text{\% en at/mg} \times \text{poids sec}}{\text{nombre de jours entre deux prélèvements}}$.

D'un autre côté, les bourgeons axillaires manifestent une brusque augmentation de croissance au moment où les gynophores enfoncés dans le sol peuvent y puiser les substances nutritives, ce qui veut dire qu'aux autres moments leur croissance plus lente provient d'un déficit alimentaire.

Tenant compte à la fois de la grande importance des bourgeons cotylédonaires et spécialement des nœuds basaux, des changements dans la croissance et la nutrition minérale de la plante ainsi que de l'écart considérable qui existe entre les potentialités de production et la productivité observée, nous sommes amenés à conclure que l'on augmenterait considérablement le rendement de l'Arachide en provoquant un développement plus considérable des bourgeons cotylédonaires et des bourgeons axillaires situés à la base de la plante.

Les recherches de Snow (1) sur les bourgeons axillaires et les nôtres (2) sur les bourgeons de néoformation, ont montré que le bourgeon terminal exerce une action inhibitrice directe sur la croissance des autres bourgeons. La suppression du bourgeon terminal provoque la croissance ou une accélération de croissance des bourgeons axillaires. De plus, les substances nutritives qui ne sont plus utilisées pour la croissance du bourgeon terminal deviennent disponibles pour les bourgeons axillaires.

Nous estimons donc que la suppression des bourgeons terminaux, autrement dit l'*écimage* de la plante, pourrait augmenter le rendement de l'Arachide, sous réserve, toutefois, d'une alimentation de la plante suffisamment intense.

---

(1) *New. Phytol.*, 4, 1937, p. 283-300.

(2) *Mém. Soc. Roy. Sci. Liége*, 4e sér., 3, 1939, p. 173-340.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Arrêt de la segmentation, blocage de la mitose et polyploïdie par l'action de l'éthyluréthane sur l'œuf de Batracien.* Note (*) de M. **Paul Sentein**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'action antimitotique des dérivés de l'uréthane a été considérée tantôt comme semblable à celle de la colchicine, quoique moins énergique (Lefèvre ([1]), Ludford ([2]), Bucher ([3])), tantôt comme différente, une action pycnosante destructive se superposant à l'action mitoinhibitrice (P. Dustin ([4])). Par ailleurs l'induction de noyaux polyploïdes par l'uréthane n'a jamais encore été signalée.

L'action de l'éthyluréthane, que j'ai étudiée sur l'œuf de *Triturus helveticus* Raz., fait apparaître une gamme d'images cytologiques presque aussi riche qu'avec la colchicine :

1° Quand l'action est minimum, simple *torsion* de l'ensemble du fuseau, ou bien *distorsion désordonnée* de toutes les fibres fusoriales, si l'action est déjà un peu plus forte.

2° Quand l'action est assez forte sans être complète, *mitose en étoile* (*stathmocinèse métaphasique, star-métaphase de Levan*). Cette image est la plus fréquente des anomalies observées avec l'uréthane.

3° Quand l'action est assez forte, sans être trop brutale, mais a été interrompue par retour des œufs dans l'eau pure, on obtient la *pluripolarité* (le plus souvent méta- ou anaphases tripolaires, parfois télophases tripolaires avec chromosomes en panne entre les trois pôles, n'ayant pu subir la transformation télophasique).

4° Quand le blocage est total, ce qui est rare pour l'uréthane, à cause de l'histolyse qui, le plus souvent, survient trop tôt, on a la *stathmocinèse prémétaphasique en peloton*, les chromosomes étant disposés en désordre, complètement spiralisés et clivés, comme dans une mitose colchicinique typique (C-mitose de Levan). Dans la morula, au moment des premiers clivages, tous les types de stathmocinèses jumelées du type pré-métaphasique ou du type métaphasique).

La transformation télophasique (catachromase), survenue dans une stathmocinèse en étoile, donne naissance à un noyau évidemment tétraploïde, ayant l'aspect de *noyau en rosette*, ce qui rappelle exactement les images obtenues avec la colchicine, le chloral et le cacodylate de soude dans l'œuf de Triton ([5]); on observe plus rarement le *noyau en roue*, dans lequel la partie centrale de la

(*) Séance du 14 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 461.

([2]) *Arch. f. exp. Zellf.*, 16, 1936, p. 411-441.

([3]) *Réun. des Anatom. suisses*, Bâle, octobre 1948.

([4]) *Bull. Assoc. Anatom.*, 1947, p. 173-177.

([5]) P. Sentein, *Acta anatomica*, 4, 1947, p. 256-268; *Bull. Assoc. anat.*, 1948; *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 206; *Ibid.*, p. 208.

rosette est formée par une masse chromatique plus ou moins agglomérée, tandis que des filaments granuleux, moins chromatiques, rayonnent de ce centre à la membrane nucléaire.

Quand le noyau entre en prophase, on obtient un noyau arrondi, plus ou moins régulier, de taille double, analogue à celui qu'on observe après action de la colchicine. Le noyau polyploïde dû à l'uréthane a un caractère très particulier : *les chromosomes y sont bien individualisés à l'intérieur d'une membrane nucléaire parfaitement distincte*. Ces noyaux, après leur télophase atypique, *sont passés rapidement en prophase*, comme si l'intercinèse était raccourcie ou le début de la prophase accéléré. Dans un cas favorable j'ai pu, sans erreur possible, dénombrer 48 chromosomes (le nombre spécifique $2n = 24$). C'était donc une *prophase tétraploïde, en marche vers une métaphase, qui serait devenue octoploïde à son tour après blocage*. Mais en réalité cette prophase n'aurait pu sans doute aller très loin, car deux petits asters inefficaces, incapables d'effacer la membrane en face d'eux, se montraient tout à fait disproportionnés à la taille du noyau. Cette disproportion paraît être dans ce cas l'obstacle principal au caractère itératif de la stathmocinèse.

Remarquons qu'il n'y a pas disparition de l'aster, mais de la gélification péri-astérienne [*cf* J. Brachet (6)].

Comme avec la colchicine, l'arrêt de la segmentation précède l'arrêt des divisions nucléaires, d'où la *plurinucléation* (7). Tous les types d'œufs *insegmentés plurinucléés* à 2, 3, 4, 5 noyaux et de morulas à blastomères bi- ou plurinucléés ont pu être observés, soit par action prolongée de solutions à 1 %, soit par action interrompue de solutions à 1 pour 50. Ces noyaux, souvent très volumineux et clairs, peuvent se juxtaposer (noyaux bilobés, trilobés, géminés, etc.).

L'*action pycnosante* est faible pendant la segmentation, même quand il existe des signes nets d'histolyse cytoplasmique. Il est indéniable qu'il s'agit de *pycnoses de mitoses* par agglutination des chromosomes; ce phénomène est plus fréquent qu'avec la colchicine.

Si l'on fait abstraction des différences de détail signalées plus haut, la réunion de ces faits oblige à rapprocher plutôt qu'à séparer dans des groupes différents la colchicine et l'uréthane. Sans doute ce dernier est-il moins capable d'effacer en peu de temps toute polarité et plus tard toute trace visible de l'appareil achromatique, mais l'essence du phénomène est identique. Dans tous les cas, la phase la plus sensible à l'action stathmocinétique, la plus favorable à la polyploïdie, la plus résistante à l'histolyse cytoplasmique est bien la *période des premiers clivages* (2, 4 et 8 cellules). La seule phase qui lui soit comparable au cours du développement est ce que j'ai appelé la *métamorphose primaire*, au moment de la résorption du vitellus (5).

(6) *Arch. de Biol.*, 45, 1934, p. 611-727.

(7) P. Sentein, *C. R. Soc. Biol.*, 20 novembre 1948.

BIOPHYSIQUE. — *Diffusion de la lumière par des particules sphériques : virus de la pneumopathie du Cobaye.* Note (*) de Mlle **Sylvanie Guinand** et M. **Jacques Tonnelat**, présentée par M. Jean Cabannes.

Avec le dispositif décrit ici précédemment ([1]), nous avons eu la possibilité d'étudier le virus de la pneumopathie du Cobaye. M. Desaulles (service de M. Lépine, Institut Pasteur) nous en a fourni un échantillon très pur ainsi que le montrent les photographies obtenues au microscope électronique.

Il ressort des clichés que la solution est dépourvue d'agrégats et que les molécules doivent être sphériques. Or, d'après la théorie ([2]), l'intensité diffusée dans la direction θ par une particule sphérique de rayon R, dont l'indice relatif au milieu ambiant est voisin de l'unité, est donnée par la formule

$$I = AI_0 \left[\frac{\sin u - u \cos u}{u^3}\right]^2 \qquad \text{avec} \quad u = \frac{4\pi R}{\lambda} \cos\frac{\theta}{2},$$

I_0 étant l'intensité incidente; A, un facteur dépendant de l'indice de la particule, de son volume, de la longueur d'onde par rapport au milieu ambiant et des constantes de l'appareil de mesure.

On peut donc tracer à l'avance un réseau de courbes donnant le rapport de dissymétrie $I_{\pi-\theta}/I_0$ en fonction de $2R/\lambda$ (*fig.* 1).

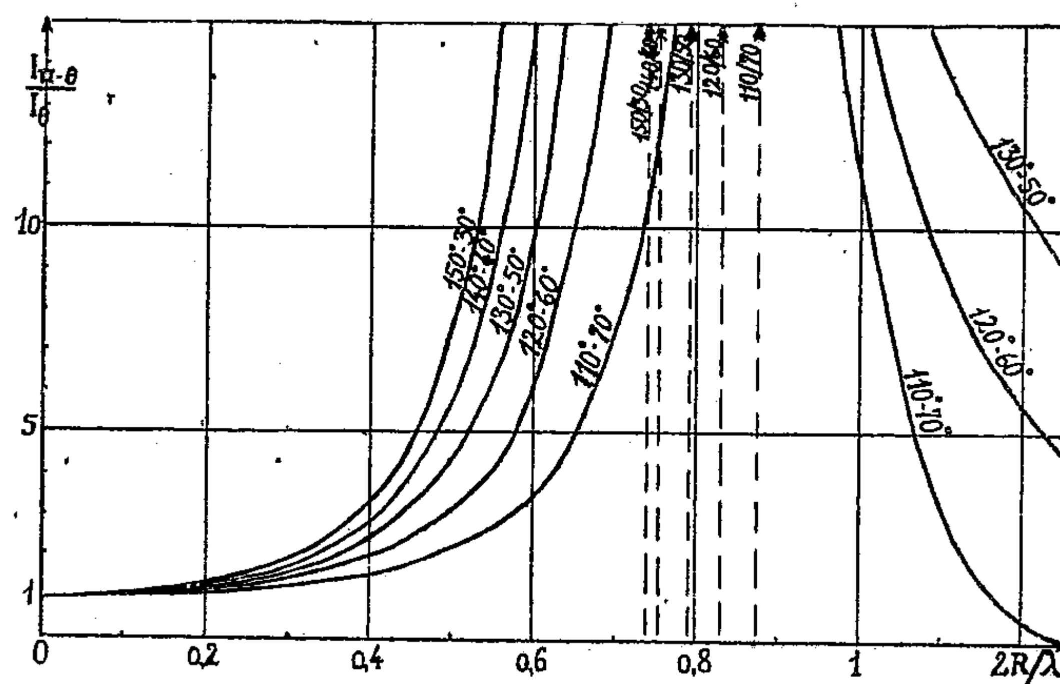


Fig. 1.

Afin de voir l'influence éventuelle du champ intermoléculaire, nous avons mesuré l'intensité diffusée par des solutions à différentes concentrations à pH 7,6. Nous avons retranché de l'intensité totale l'intensité diffusée par

---

(*) Séance du 7 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 602.

([2]) Lord Rayleigh, *Proc. Roy. Soc.*, London (A), 90, 1914, p. 219; P. Debye, *J. of Phys. and Coll. Chem.*, 51, 1947, p. 18.

le tampon qui, aux faibles concentrations, atteint, pour $\theta = 90°$, le quart de celle de la solution (*fig.* 2).

Le tableau suivant donne les valeurs du rapport de dissymétrie pour plusieurs paires d'angles et différentes concentrations.

	110°-70°.	120°-60°.	130°-50°.	140°-40°.	150°-30°.
C (100γ/cm³).....	2,2	3,1	4,5	7,1	10,9
$\frac{C}{2}$...............	2,1	3,1	4,8	6,9	11,8
$\frac{C}{4}$...............	2	2,9	4,4	7,2	10,7
$\frac{C}{8}$...............	2,1	3,1	4,6	8,1	13,5
$\frac{C}{16}$...............	2	2,9	3,6	6,8	9,7
$\frac{2R}{\lambda}$..............	0,48	0,49	0,50	0,52	0,53

Les valeurs de $2R/\lambda$ sont obtenues en reportant la valeur moyenne du rapport de dissymétrie pour chaque paire d'angles sur les courbes correspondantes de la figure 1.

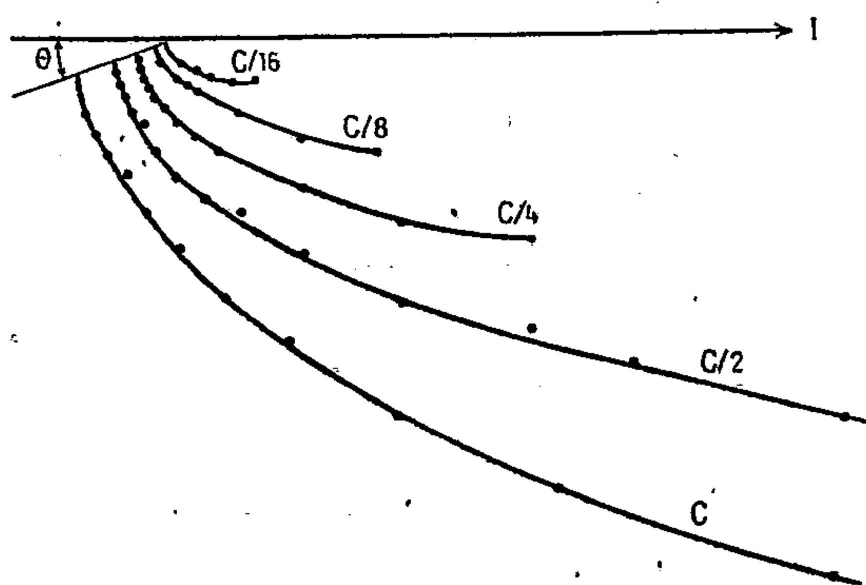


Fig. 2.

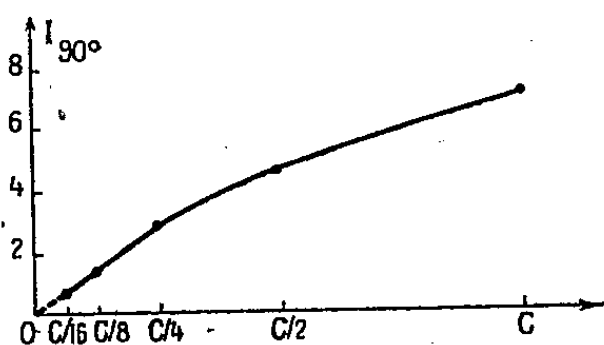


Fig. 3.

Si la particule est sphérique, cette valeur doit être constante. Étant donné que, dans le cas du virus, elle varie peu avec les paires d'angles, nous avons tout lieu d'admettre qu'il s'agit bien de particules sphériques, les écarts pouvant être imputés au fait que l'indice relatif du virus est au moins égal à 1,2. Nous en déduisons pour le diamètre une valeur moyenne de 1600 Å, valeur un peu supérieure à celle qui est fournie par les autres méthodes (microscopie électronique, ultracentrifugation).

D'autre part, pour une particule sphérique, le facteur de dépolarisation doit tendre vers zéro avec la concentration.

Si nous appelons I_u et ρ_u, I_s et ρ_s, I_d et ρ_d l'intensité et le facteur de dépolarisation de la solution, du solvant et du corps dissous,

$$\rho_d = [\rho_u(1+\rho_s)I_u - \rho_s(1+\rho_u)I_s][(1+\rho_s)I_u - (1+\rho_u)I_s]^{-1}.$$

On constate facilement que les erreurs possibles sur ρ_d deviennent considérables lorsque I_u est de l'ordre de I_s; néanmoins nous avons obtenu en lumière naturelle pour $\theta = 90^\circ$ les valeurs suivantes de ρ_d :

C : 0,017, C/2 : 0,011, C/4 : 0,084, C/8 : 0,0016,

ce qui montre que la molécule étudiée est bien isotrope.

Enfin, sur les courbes de la figure 3, $I = f(C)$, il apparaît que si l'intensité diffusée varie bien proportionnellement à la concentration pour des solutions très diluées, il n'en est déjà plus de même à des concentrations de l'ordre de 25 γ par centimètre cube.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Méthode pour l'étude des images accidentelles positives. Production de spectres consécutifs. Premiers résultats.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Armand de Gramont.

Il règne encore, sur les phases colorées de l'image accidentelle positive, beaucoup de divergences et de désordre. Il semble même que l'on confonde quelquefois des faits de persistance ou de fatigue avec les images positives. Une expérience fortuite nous a montré que leur étude se trouve singulièrement facilitée par le choix de sources de grande brillance, conjoint à l'emploi de la stroboscopie.

On communique à la main, à une ampoule ordinaire à filament un peu ramassé, un mouvement hélicoïdal. Pour une vitesse convenable, on obtient dans l'espace une trace continue offrant, au voisinage de la source, la couleur même de celle-ci et, à mesure qu'on s'en éloigne, la succession des teintes que prend, dans le temps, l'image accidentelle positive.

Il s'agit bien, en effet, d'une image positive, car elle persiste si l'on vient à fermer les yeux et donne lieu elle-même, par la suite, à une image négative complètement noire.

Le nombre des spires précédant une teinte déterminée fournit la date d'apparition de cette teinte à partir du stimulus pris pour origine, et le rapport des nombres de spires de chaque teinte fait connaître la durée de sa perception.

Pour étudier le détail du phénomène, il est préférable, comme nous l'avons fait, de le produire à l'aide d'un dispositif mécanique nous rendant maître des paramètres de l'expérience. On constate que, pour un réglage convenable, il est possible d'obtenir de véritables spectres; spectres entièrement subjectifs, que je nomme *spectres consécutifs*.

Les résultats fondamentaux sont les suivants : 1° Les images positives

s'observent indifféremment sur fond sombre ou clair, mais la plupart des observateurs préfèrent les premiers; 2° il n'existe aucune latence dans le sens d'A. Broca, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de période creuse pour l'image positive, qui évolue *continuement* à partir du stimulus; 3° la vitesse optimum à donner à la source est $1^m,20$ à $1^m,50$ à la seconde; 4° les teintes offrent l'aspect, quant à la saturation, brillance et pureté apparente, des couleurs que donne, dans un spectroscope banal, une source à incandescence; 5° leur succession est celle même du spectre normal. Le rouge manque cependant toujours; 6° les teintes successives peuvent se nommer : orange, jaune vert, vert, myosotis, bleu foncé, et enfin une série de violets de plus en plus foncés.

Voici les dates d'apparition et durées respectives de quelques teintes au cours d'une série d'expérienees :

Orange	$0^s,12$
Jaune	0 ,37
Vert	1 ,25
Bleus variés	0 ,75
Violets	2 ,5

7° Ces chiffres semblent indépendants de l'observateur, ainsi que de la température du filament. Par contre, la brillance respective des teintes est en rapport avec cette température. Ainsi s'explique-t-on que, certaines teintes pouvant passer inaperçues, on a pu conclure à des latences, à des discontinuités inexistantes, et commettre des erreurs sur l'ordre de succession.

Il est impossible, dans l'état actuel des choses, de savoir si la gamme des teintes perçues, dont les noms évoquent une longueur d'onde, est continue, ou si elle a seulement l'apparence de la continuité.

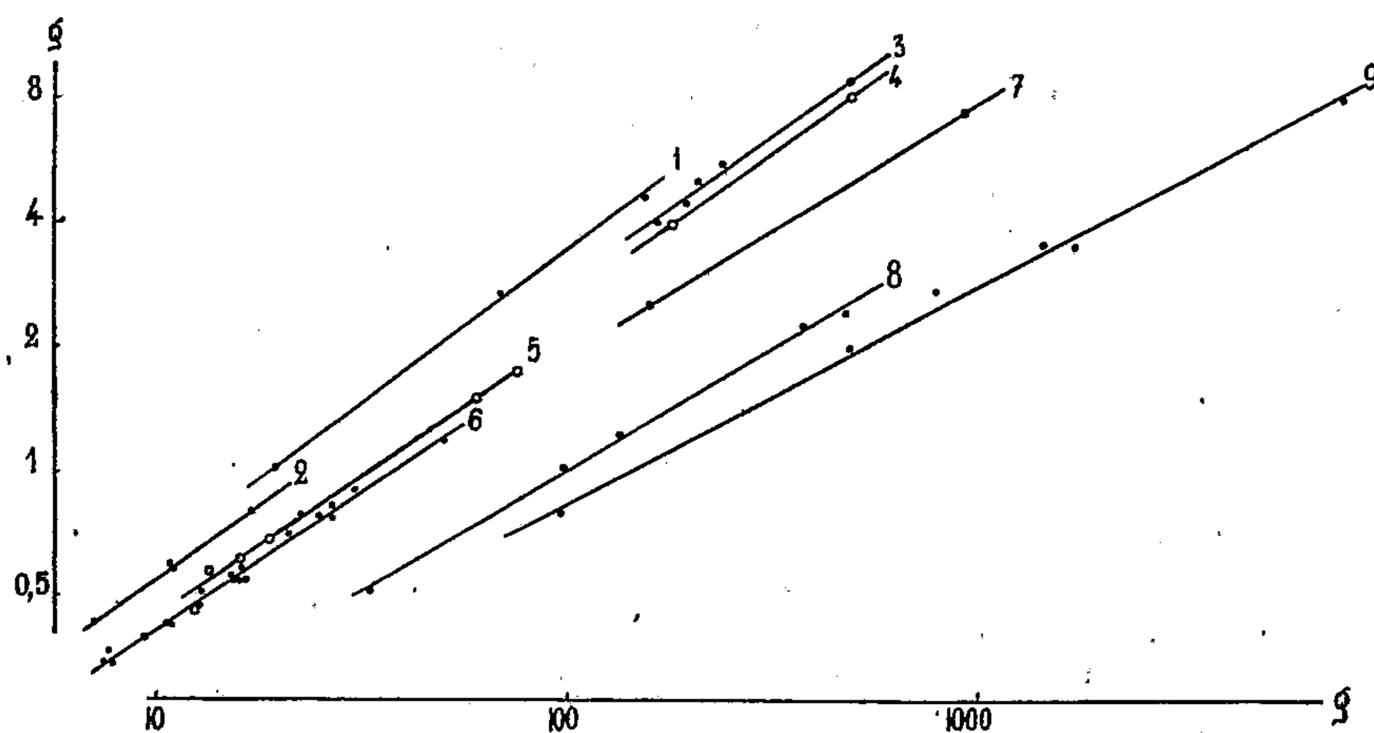
Car il n'est guère possible de parler de couleur sans parler de longueur d'onde. Seulement, ce n'est plus la lumière qui, dans les phénomènes décrits, excite secondairement la cellule sensorielle. L'excitant est peut-être chimique, mais la cellule lui répond par son fonctionnement spécifique qui apparaît ici comme celui d'un générateur, primaire ou secondaire, de perturbation périodique, et d'un transformateur spécial qui élève ensuite continuement la fréquence de cette perturbation, jusqu'à la limite du visible.

BIOMÉTRIE. — *Sur le poids relatif de l'encéphale des Oiseaux.* Note (*) de M. LÉON VAUGIEN, présentée par M. Maurice Caullery.

En vue de vérifier, chez les Oiseaux, la relation $E = KP^{0.56}$, établie par E. Dubois (1896), entre le poids de l'encéphale et le poids du corps des Mammifères, j'ai effectué des pesées systématiques sur les oiseaux sauvages du Poitou, ainsi que sur diverses espèces de volière ou basse-cour.

(*) Séance du 14 février 1949.

Mes mesures ont toutes été faites durant le printemps. Elles ont porté sur 632 individus adultes appartenant à 54 espèces, réparties en neuf familles. Il est à noter que les tailles des espèces extrêmes d'une même famille sont souvent très différentes.



J'ai examiné les familles et espèces suivantes (1) :

Picidés (courbe 1). — *Picus minor* L (poids coporel moyen en grammes 18,65, poids encéphalique moyen en grammes 1,05), *Picus major* L (69,2; 2,6), *Picus viridis* L (155; 4,55).

Paridés (courbe 2). — *Aegithalus caudatus* L (7,08; 0,43), *Parus palustris* L (10,7; 0,63).

Corvidés (courbe 3). — *Garrulus glandarius* L (160; 4), *Corvus monedula* L (195; 4,47), *Corvus cornix* L (209; 5,03), *Pica caudata* L (238; 5,5), *Corvus corone* L (490; 8,71).

Strigidés (courbe 4). — *Athene noctua* S (180; 4), *Otus vulgaris* F (495; 8,2).

Turdidés (courbe 5). — *Ruticilla phœnicura* L (12,5; 0,46), *Pratincola rubetra* L (13,6; 0,58), *Erithacus rubecula* L (16,25; 0,62), *Luscinia megarhyncha* B (19; 0,66), *Turdus musicus* L (60,5; 1,51), *Turdus merula* L (75,4; 1,73).

Fringillidés (courbe 6). — *Aegintha melpoda* (7,5; 0,35), *Aegintha phœnicoptis* (7,7; 0,37), *Aegintha undulata* (7,94; 0,35), *Spermestes cucullata* (9,3; 0,4), *Spermestes castanotis* (10,7; 0,43), *Serinus hortulanus* K (11; 0,43), *Muna domestica* (12,8; 0,48), *Chrysomitris spinus* L (12,9; 0,51), *Carduelis elegans* S (15,1; 0,57), *Spermestes fasciata* (15,5; 0,55), *Viduaparadisiaca* (15,8; 0.55), *Acanthis cannabina* L (16,2; 0,61), *Serinus canaria* L (16,8; 0,55), *Passer montanus* L (20,9; 0,71), *Fringilla cœlebs* L (20,9; 0,71), *Pyrrhula rubicilla* P (22,4; 0,80), *Emberiza cirlus* L (25; 0,79), *Emberiza citrinella* L (26,9; 0,83), *Ligurinus chloris* L (26,9; 0,83), *Passer domesticus* L (30; 0,91), *Emberiza melaria* L (50; 1,2).

Falconidés (courbe 7). — *Astur nisus* (160; 2,51), *Buteo vulgaris* L (940; 7,3).

Columbidés (courbe 8). — *Columba cuneata* (33; 0,52), *Columba afra* (98; 1,02), *Turtur auritus* (132; 1,23), *Streptolia risoria* (132; 1,23), *Columba palumbus* L (380; 2,24) Pigeon domestique (race « mondain moyen » 480; 2,4).

Phasianidés (courbe 9). — *Coturnix communis* B (96; 0,8), *Caccabis rufa* L (490; 2),

(1) Les espèces figurent sur les courbes dans l'ordre d'énumération du texte.

Coq domestique nain (790; 2,8), *Numida meleagris* L (1450; 3,55), *Gallus domesticus* L (1750; 3,47), *Meleagris gallopavo* L (7900; 7,9).

Pour les espèces d'une même famille, les poids encéphaliques restent liés au poids corporel par une relation de la forme $E = KP^{\alpha}$, mais α et K varient selon la famille. D'une façon générale, α et K varient dans le même sens (Phasianidés : $\alpha = 0,57$, $K = 0,08$; Picidés : $\alpha = 0,72$, $K = 0,11$).

Mes résultats ne confirment donc pas la formule de Dubois, adoptée par L. Lapicque et P. Girard ([2]), ni la constance du coefficient α sur laquelle est basée la notion de *coefficient de céphalisation*.

L'étude complète de la croissance de plusieurs espèces d'Oiseaux ([3]) (Phasianidés, Anatidés, Columbidés, Fringillidés) m'a révélé l'existence, dans chaque famille, d'une homothétie dans les étapes homologues de la croissance relative de divers organes. L'*isoneurale*, caractéristique d'une famille, correspond au dernier rayon d'homothétie des courbes de croissance relative de l'encéphale. Cette droite, jusqu'ici mystérieuse, prend ainsi une signification et traduit une simple relation biométrique de la croissante encéphalique des espèces appartenant à une même famille.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le métabolisme de la cire d'Abeille par les micro-organismes*. Note de M. **Pierre Heitzmann** et Mlle **Geneviève Bouchard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Des expériences décrites dans une Note précédente ([1]) nous avaient montré qu'une souche microbienne voisine de *Micrococcus ureæ* ([2]) était susceptible de métaboliser la paraffine avec une vitesse comparable à celle du glucose. Ce résultat pouvait être atteint en utilisant la paraffine en coupes minces et en agitant en présence d'air le milieu de culture.

Nous avons examiné si ce résultat était aussi valable pour la cire d'Abeille, tout en recherchant à préciser la fraction digestible et le mode d'action.

Tausson ([3]) avait trouvé, en utilisant *Aspergillus flavus*, que cette cire était plus facilement assimilée que la paraffine. Il opérait cependant en cultures non agitées, et le maximum de cire disparue ne dépassait pas 43 %.

Nous avons utilisé de la cire vierge en rayons. Nous dissolvions cette cire dans le benzène tiède. Cette solution était répandue sur un support, papier

---

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, Paris, **57**, 1905, p. 665; L. Lapicque, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 131-134.

([3]) L. Vaugien, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 206.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2181.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 815.

([3]) *Bioch. Z.*, **193**, p. 85.

filtre ou laine de verre, puis nous évaporions le benzène. Nous avons aussi employé de la cire d'Abeille commerciale réduite en coupe de 1/100 de millimètre d'épaisseur.

Par la méthode de Warburg et dans des conditions identiques à celles déjà décrites ([1]), nous avons observé que l'intensité respiratoire en présence de cire d'Abeille était supérieure à l'intensité respiratoire en présence de paraffine. Et dans le premier cas, le temps de latence était réduit des 2/3.

A côté de ces mesures respiratoires, nous avons déterminé le pourcentage de cire disparu.

Dans des fioles de Fourneau de 125^{cm^3}, nous ajoutions à 150^{mg} de cire répandue sur son support, 1^g de carbonate de calcium précipité, et 20^{cm^3} d'une solution saline (sulfate d'ammonium 3^g, sulfate de magnésium $0^g,25$, phosphate monopotassique 1^g, eau de source q. s. pour 1 litre), ainsi qu'une suspension de *cocci* provenant d'une culture de 48 heures sur gélose nutritive. Après séjour des fioles à l'étuve à 31° sur une machine à agiter, nous dosions la cire restante. Dans ce but, le contenu de la fiole était évaporé à sec et extrait par le benzène.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Numéro de l'expérience.	Support.	Cocci utilisés poids sec (mg).	Durée d'incubation (jours).	Cire disparue (%).
1..........	laine de verre	35	3	48
			6	50
2..........	laine de verre	43	2	26
			4	44
3 (*).......	laine de verre	288	4	76
4..........	papier	67	4	75
5..........	papier	64	4	78

(*) En opérant avec 5 fois plus de solution saline et de cire dans une fiole conique de 1^l.

En utilisant la cire restante de l'expérience n° 3, nous avons trouvé que 56 % de cette cire était encore digestible. Le restant l'était encore à 54 %, ce qui fait 95 % de cire disparue après 3 digestions.

Nous avons vérifié aussi dans l'expérience 5 que toute la cire non digérée restait pratiquement sur le papier filtre et ne passait pas en suspension. L'extrait benzénique des corps microbiens séchés était aussi négligeable.

L'état de division de la cire n'était pas suffisamment défini pour nous permettre d'affirmer que la cire n'est pas digestible à 100 % par *Micrococcus ureæ*, mais elle l'est au moins à 80-95 %.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Rôle de la perméabilité dans la respiration de Esch. Coli en présence des hexosephosphates*. Note de M. **Eugène Aubel**, M[me] **Marianne Grunberg-Manago** et M. **Jekisiel Szulmajster**, présentée par M. Maurice Javillier.

En étudiant l'action de quelques inhibiteurs sur la respiration de Esch. Coli, deux d'entre nous ([1]), considérant que le glucose se comporte différemment des hexosephosphates en présence du malonate de sodium, du fluorure de sodium et de l'azide, avaient posé la question de l'utilisation du glucose sans phosphorylation. Les résultats expérimentaux sont exacts, mais l'hypothèse formulée s'est trouvée détruite lorsque nous nous sommes aperçu que les phénomènes de perméabilité jouent un rôle beaucoup plus important que nous ne pouvions le supposer.

1° A trois années de distance, une même souche bactérienne peut présenter des caractères différents. Voici le pourcentage de l'inhibition ou de l'exaltation de la respiration en présence de glucose produite par le malonate, en fonction du temps :

	10 min.	20 min.	40 min.	60 min.
1945	−23 %	−16,5 %	13,5 %	−7 %
1948	+12,2	+8,2	+4,9	+5,2

Un exemple comparable a été rapporté par Barron et Jacobs ([2]) avec le streptocoque.

2° Il est vraisemblable que les hexosephosphates ne pénètrent pas en tant que tels dans la cellule bactérienne, mais après hydrolyse.

On observe en effet très fréquemment un temps de latence dans le départ de la respiration en présence des esters phosphoriques. D'autre part, on peut mettre en évidence dans le milieu, hors des cellules, la présence des phosphatases, ceci par suite d'une modification des membranes précédant un commencement d'autolyse, et l'on constate que le QO_2 varie comme le pouvoir hydrolysant du liquide débarrassé de bactéries.

3° Le broyat d'Esch. Coli contient d'une part des phosphatases hydrolysant les hexosephosphates et l'A. T. P., d'autre part, permet la phosphorylation du glucose. Si l'on met en présence 1^{cm^3} de broyat dans l'eau distillée, $0,5^{cm^3}$ de tampon à pH 6,8 correspondant à 100, 200, 400, 1000, 2000γ de phosphore minéral et $0^{cm^3},5$ de glucose à 1 %, voici les quantités de phosphore minéral disparu.

P minéral ajouté	0	100γ	200γ	400γ	1000γ	2000γ
P minéral disparu	0	37γ	124γ	217γ	460γ	410γ

([1]) Eugène Aubel et Jekisiel Szulmajster, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1592.

([2]) *J. Bact.*, 36, 1938, p. 433.

Il a été possible de mettre en évidence le glucose 6-phosphate, et, dans les bactéries, l'A. T. P.

Le fluorure M/33 permet la phosphorylation, mais bloque la déphosphorylation, et l'on constate une accumulation d'esters phosphoriques, ce qui est conforme aux données classiques. L'azide de sodium M/350 et le malonate M/30 sont pratiquement sans action sur les deux phénomènes. Le malonate M/10 arrête totalement phosphorylation et déphosphorylation.

4° Le fluorure devrait donc bloquer la respiration en présence de glucose. Ceci n'a pas lieu parce que le glucose empêche sa pénétration à l'intérieur de la cellule. On sait que la respiration en présence de succinate est bloquée par NaF. Si l'on ajoute du succinate au glucose, la pénétration du fluorure devient possible et alors la respiration est bloquée pour 80 % au moins.

5° Le malonate M/30 n'a pas d'action sur la respiration en présence des hexosephosphates parce que, à cette concentration, il n'inhibe pas les phosphatases. A la concentration M/5, il inhibe les phosphatases et bloque la respiration en présence des hexosephosphates, mais il n'inhibe pas la respiration en présence de glucose parce que, à l'intérieur de la cellule, sa concentration est inférieure à M/10, car sans cela la phosphorylation du glucose serait impossible;

6° L'azide empêche partiellement ou totalement le passage des phosphatases hors des cellules. Ainsi les hexosephosphates ne peuvent plus être hydrolysés, ou le pourcentage d'hydrolyse devient faible, ce qui explique l'inhibition de la respiration à partir des esters phosphoriques par l'azide.

Voici une expérience effectuée avec :

1° Une suspension de bactéries en présence ou en absence d'inhibiteur;

2° Avec le liquide au contact duquel les bactéries, toujours en présence ou en absence d'inhibiteur, sont restées en contact 3 heures à 37°.

On donne le pourcentage d'hydrolyse observé avec l'hexosediphosphate :

	O inhibiteur.	N3Na M/350.
Bactéries.........	19,35	12,5
Liquide..........	16,37	5,3

L'ensemble des faits que nous venons d'énoncer est d'accord avec la notion du rôle que la perméabilité de la membrane microbienne joue dans le phénomène respiratoire en présence des inhibiteurs.

PHARMACOLOGIE. — *Sels d'ammonium quaternaire des dérivés arylaliphatiques. Propriétés curarisantes.* Note de MM. **Albert Funke**, **Carl Otto Engeler**, **Joseph Jacob** et **France Depierre**, présentée par M. Jacques Trefouël.

Les recherches effectuées dans la série des éthers phénoliques à fonction ammonium quaternaire ont permis de mettre en évidence les propriétés curarisantes intenses de plusieurs de ces corps [1].

(1) D. Bovet, F. Depierre et Y. de Lestrange, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 94; F. Depierre, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 956.

Nous avons tenté de déterminer le rôle de l'oxygène de la fonction éther en étudiant les modifications apportées aux propriétés physiologiques, par la soudure directe de la chaîne latérale au noyau benzénique. Nous n'avons pas l'intention de décrire en détail dans cette Note la préparation de ces corps dont

	R =	R′ =	F.	Dosage. Trouvé.	Dosage. Calculé.	H. D. (¹).
R, R′	$—CH_2N(C_2H_5)^3I$	H	170	I = 39,69	39,78	12 (²)
	$—CH_2.CH_2—N(C_2H_5)^3I$	H	-	I = 37,65	38,10	12
	$—CH_2.CH_2.CH_2—N(C_2H_5)^3I$	H	98,5	I = 36,77	36,57	10
	$—CH_2.CH_2—N(C_2H_5)^3I$	$—CH(CH_3)^2$	114	I = 33,31	33,83	6
R, R′	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Cl$	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Cl$	-	Cl = 18,55	18,80	2,5 (³)
	$—CH_2.CH_2.N(C_2H_5)^3I$	$—CH_2—N(C_2H_5)^3I$	251	I = 44,73	44,22	2,5
	$—CH_2.CH_2.N(C_2H_5)^3I$	$—CH_2.CH_2—N(C_2H_5)3I$	261	I = 42,91	43,17	2,5 (⁴)
R, R	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Br$	-	125	Br = 33,62	34,29	5
R, R	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Br$	-	-	Br = 33,54	34,29	2
	$—CH_2.CH_2—N(C_2H_5)^3I$	-	239 (⁵)	I = 43,76	43,17	1,5
R, R, R	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Br$		-	Br = 35,60	36,36	5
R, R, R	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Br$		-	Br = 37,02	36,36	2,5
R, R, R, R	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Br$		-	Br = 36,48	37,25	15
R, R, R, R, R	$—CH_2—N(C_2H_5)^3Br$		-	Br = 38,59	38,12	3

(¹) H. D., Dose curarisante (Head Drop) chez le Lapin. (²) B., 10, 1877, p. 312. (³), (⁴) G., 78, 1948, p. 951. (⁵) Se décompose à 239.

la plupart sont inconnus. Toutefois nous voulons signaler dès à présent que les dérivés polyhalogénométhylés servant à la préparation des ammoniums quaternaires correspondants ont été préparés par des méthodes variées.

Tandis que le 1.2.4-trichlorométhylbenzène est obtenu par l'action du chlorure de sulfuryle ([2]), la même méthode appliquée au mésitylène conduit au 1.3.5-triméthyl-2.4.6-trichlorobenzène. Par contre, l'emploi de la bromosuccinimide permet d'obtenir le 1.3.5-tribromoéthylbenzène, avec un rendement supérieur à celui de Colson ([3]), qui utilise directement le brome. Le tétra- et le pentachlorométhylbenzènes sont par contre préparés par le chlorure de sulfuryle de la même façon que le 1 2.4-trihalogéné.

Les résultats obtenus jusqu'à présent sont résumés dans le tableau ci-dessus. Ils semblent autoriser les conclusions suivantes :

1° La fonction éther ne paraît pas indispensable : en effet, les dérivés arylalcoylés étudiés ici ont une activité curarisante voisine et parfois supérieure à celle qui a été signalée pour les dérivés phénoxyalcoylés correspondants.

2° On retrouve l'influence favorable de l'introduction d'une seconde fonction ammonium quaternaire déjà observée dans le cas des éthers phénoliques et le rôle important de la position de cette nouvelle fonction. Toutefois, l'introduction sur le noyau d'un simple reste alcoylé peut déjà provoquer une intensification des propriétés curarisantes.

3° La multiplication ultérieure des fonctions ammonium quaternaire n'aboutit pas nécessairement à un accroissement du pouvoir curarisant.

Nous poursuivons nos recherches dans cette série.

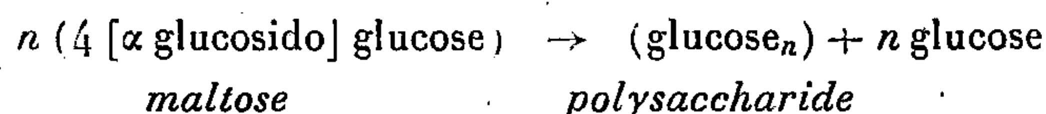
BIOCHIMIE MICROBIENNE. — *Sur la réversibilité de la réaction catalysée par l'amylomaltase.* Note (*) de Mlle **Anne-Marie Torriani** et M. **Jacques Monod**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons brièvement résumé les propriétés d'une préparation enzymatique obtenue à partir d'*E. coli mutabile* souche ML, cultivé en présence de maltose. Nous avons montré que ces préparations cata-

([2]) Cambron, Marshall et Kulka, *Can. J. Res.*, 23 B, 1945, p. 106.
([3]) *A. Chim.*, 6, 1885, p. 94.

(*) Séance du 14 février 1949.
([1]) J. Monod et A. M. Torriani, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 240-242.

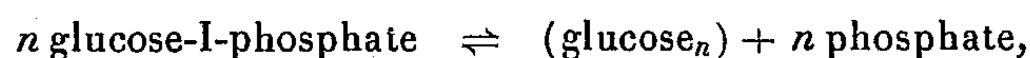
lysent la réaction :



$$n\,(4\,[\alpha\ \text{glucosido}]\ \text{glucose}) \rightarrow (\text{glucose}_n) + n\ \text{glucose}$$

maltose *polysaccharide*

et que le polysaccharide formé présente les caractères de l'amidon, en ce qu'il donne une teinte bleue intense avec l'iode. Cette réaction était intéressante par sa complète analogie avec celle des phosphorylases (du muscle et de la pomme de terre) :



$$n\ \text{glucose-I-phosphate} \rightleftharpoons (\text{glucose}_n) + n\ \text{phosphate},$$

la seule par laquelle on avait obtenu jusque-là la synthèse *in vitro* d'un polysaccharide du type amidon ou glycogène. On sait cependant que la réaction des phosphorylases est aisément réversible, ce qui permet de penser que ces enzymes doivent jouer un rôle aussi important dans l'utilisation que dans la synthèse des réserves polysaccharidiques. Il était donc indiqué de vérifier que l'analogie était complète, en étudiant la réversibilité de la réaction catalysée par l'amylomaltase.

Ainsi que nous l'avons signalé, lorsque du maltose est mis en présence d'amylomaltase et de *notatine* (glucose-oxydase), la réaction est complète. Au contraire, si l'on opère en l'absence de notatine, de sorte que le glucose formé s'accumule, la réaction s'arrête lorsque le rapport des concentrations moléculaires maltose-glucose atteint une valeur voisine de 0,65. Nous avons constaté qu'en mettant l'amylomaltase en présence de glucose et du polysaccharide formé par l'enzyme, on observe simultanément une diminution de la concentration de glucose, l'apparition d'un autre sucre réducteur et l'affaiblissement rapide de la réaction colorée avec l'iode. Ces phénomènes ne se produisent pas en l'absence de glucose. De plus, en l'absence de polysaccharide, le glucose n'est pas attaqué. La proportion de glucose disparu indique que la réaction s'arrête sensiblement au même niveau, que l'on parte du maltose ou du mélange polysaccharide + glucose.

Ces observations indiquent que la réaction catalysée par l'amylomaltase est réversible; elles confirment donc son identité formelle avec celle des phosphorylases. On sait d'autre part que certaines préparations extraites de diverses bactéries catalysent la formation de dextranes ([2]) ou de levanes ([3]) à partir du saccharose, suivant des réactions analogues, encore que leur réversibilité ne soit pas démontrée avec certitude ([4]). De plus, les observations de Doudoroff,

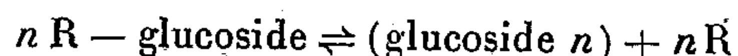
([2]) E. J. Hehre, *J. Biol. Chem.*, 163, 1946, p. 221.

([3]) S. Hestrin, S. Avineri, Shapiro et M. Ashner, *J. Biol. Chem.*, 37, 1943, p. 450.

([4]) M. Doudoroff et R. O'Neal, *J. Biol. Chem.*, 159, 1945, p. 585.

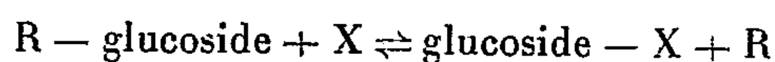
Barker et Hassid ([5]) sur la sucrose-phosphorylase de *Pseudomonas saccharophila* ont montré que cet enzyme fonctionne en quelque sorte comme « transporteur » du radical glucosidique.

Il existe donc une série d'enzymes de spécificités comme d'origines différentes, catalysant tous une réaction du type



$$n\,\mathrm{R} - \text{glucoside} \rightleftharpoons (\text{glucoside } n) + n\,\mathrm{R}$$

ou



$$\mathrm{R} - \text{glucoside} + \mathrm{X} \rightleftharpoons \text{glucoside} - \mathrm{X} + \mathrm{R}$$

caractérisé par le fait que la liaison glucosidique y est transférée d'une substance à une autre, par exemple d'un glucoside simple à un polyglucoside et inversement. Avec l'amylomaltase, nous avons l'exemple d'un enzyme qui, comme les phosphorylases, synthétise un amidon, mais dont le substrat est un disaccharide, ce qui le rapproche également des dextrane et lévane-sucrases. Ceci met bien en évidence l'analogie profonde de ces différentes réactions, et paraît devoir lever les objections que l'on pouvait trouver à rapprocher ces enzymes des phosphorylases. Il semble donc qu'il y aurait intérêt à convenir d'une dénomination pour l'ensemble des enzymes appartenant à ce groupe dont l'unité paraît ainsi établie. Le nom de *transglucosidases* déjà proposé par Doudoroff, Barker et Hassid nous paraît tout indiqué. Ce groupe comprendrait pour l'instant les phosphorylases [muscle, pomme de terre, *Polytomella cœca* ([6])], la sucrose-phosphorylase de *Pseudomonas saccharophila*, les levane-sucrases, les dextrane-sucrases et l'amylomaltase d'*E. coli*.

BACTÉRIOLOGIE. — *Agglutination de certaines bactéries par la streptomycine.* Note (*) de MM. **François Gros**, **Michel Machebœuf**, Mlle **Paulette Lacaille** et M. **Boris Rybak**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours d'études biochimiques sur les antibiotiques, nous avons observé que la streptomycine agglutine certaines émulsions microbiennes. Ce fait avait passé inaperçu jusqu'ici, car les sels et les peptones empêchent cette agglutination qui ne se produit que pour les suspensions de bactéries dans l'eau distillée.

Nous avons examiné de nombreuses souches provenant de plus de quarante espèces bactériennes. *La propriété d'être agglutinée n'est pas une caractéristique*

([5]) *J. Biol. Chem.*, 168, 1947, p. 725.

([6]) A. Lwoff, H. Ionesco et A. Gutmann, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 342.

(*) Séance du 14 février 1949.

de l'espèce, car pour les bactéries à gram-négatif dont les formes S *ont permis l'extraction d'un antigène* O, *on constate que les formes* R *sont agglutinées tandis que les formes* S *ne le sont pas.*

EXEMPLES :

Shigella Shigæ	forme R agglutinée, forme S *non agglutinée.*
Bacillus enteritidis (souche 406)	forme R agglutinée, forme S *non agglutinée.*
Phytomonas tunefaciens	forme R agglutinée, forme S *non agglutinée.*
Salmonella typhi (souche R_2)	Rough sans antigène O et sans antigène V_i agglutinée.
» (souche 901)	Smooth avec antigène O sans antigène V_i *non agglutinée.*
» (souche T 413)	Smooth avec antigène O et antigène V_i *non agglutinée.*

Pour les espèces gram-positives, toutes les souches de collection que nous avons étudiées ont été agglutinées (une vingtaine d'espèces), mais dans le cas des gram-positives nous n'avons pas encore fait une étude comparée des formes R et S.

Conditions expérimentales. — Les bactéries sont mises en suspension homogène dans de l'eau distillée. Pour éliminer éventuellement les agrégats, on filtre l'émulsion à travers un papier filtre très perméable. Nos émulsions contenaient en moyenne 3^{mg} de corps bactériens (pesés après dessiccation) par millilitre. On ajoute la streptomycine à la dose de 1 mg/ml, puis on place dans une étuve à 37° C. Ainsi l'agglutination est rapide; elle est très nette déjà en 30 minutes, elle se termine en une heure ou deux suivant les espèces. Pour des doses moindres d'antibiotique, l'agglutination évolue plus lentement (4 heures par exemple pour 0,1 mg/ml de streptomycine dans le cas de *Clostridium sporogenes*).

Il s'agit en général d'une agglutination typique avec formation d'agrégats non dissociables par agitation. Il ne s'agit pas d'un phénomène en rapport avec l'action antibiotique de la streptomycine puisque des souches peu sensibles à cette action sont bien agglutinées (exemple : un staphylocoque qui résiste à 100000 U/ml de streptomycine), tandis que des souches très sensibles résistent à l'agglutination (exemples : *Escherichia coli* S et *Bacillus enteritidis* S). Toutes les bactéries gram-positives étudiées sont agglutinées, cependant il n'y

a pas de parallélisme entre l'agglutinabilité et le caractère gram-positif (exemple : les *Nesseria* et *Vibrio Metchnikovi* sont parfaitement agglutinés).

Nous avons constaté que la dihydrostreptomycine et l'acide streptomycinique possèdent un pouvoir d'agglutination comparable à celui de la streptomycine. D'autre part, la cystéine inhibe l'agglutination par la streptomycine mais n'influe pas sur l'agglutination par la dihydrostreptomycine. On doit donc penser que l'agglutination n'est pas le fait de l'action de la streptomycine sur des groupements SH de la bactérie. D'ailleurs la dihydrostreptomycine n'a pas d'action sur ces groupements ([1]).

Pour interpréter l'agglutination on peut se rappeler que la streptomycine se combine avec les acides nucléiques ([2]) ([3]). On peut donc penser que la streptomycine réagirait avec les nucléoprotéines bactériennes en modifiant la charge superficielle des bactéries ou leur texture de surface. Dans le cas des bactéries contenant un antigène O, étant donné la disposition superficielle de cet antigène, la réaction de la streptomycine avec les acides nucléiques ne pourrait pas modifier la surface de la même façon.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *La peste aviaire en France. Sa prophylaxie par vaccination à partir du virus de culture.* Note de M. **Félix Lucam**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

La peste aviaire, qui semblait avoir disparu de France depuis 1926, a fait de nouveau son apparition dans notre pays. Nous avons pu l'identifier dans le courant des mois de novembre et décembre 1948, dans divers départements, notamment les Bouches-du-Rhône, le Var, le Rhône, l'Aude, où les ravages ont été considérables. Actuellement, la maladie s'étend dans la plupart des départements du Midi.

Son origine a pu être précisée, au moins pour les Bouches-du-Rhône, où elle a pris naissance à la suite de l'introduction dans les parquets, de volailles vivantes provenant d'Algérie ou d'Italie, où la maladie sévit depuis plusieurs années.

Pour chaque foyer identifié, nous avons isolé le virus, et l'entretenons au laboratoire, par culture sur embryon de poulet.

C'est à partir du virus de culture que nous avons entrepris la préparation d'un vaccin, dont nous avons mesuré l'efficacité pour la poule adulte.

([1]) Fried et Wintersteiner, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 79.

([2]) S. S. Cohen, *J. Biol. Chem.*, 168, 1947, p. 511.

([3]) F. Gros, B. Rybak, M. Macheboeuf et U. Rambech, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1550.

Nous nous sommes servi de la souche FI-33-3, isolée dans la région de Lyon. Le virus est représenté par le produit de broyage filtré sur papier, d'embryons de poulets avec leurs enveloppes, morts en 36 heures, après inoculation de $1/10^{cm^3}$ de liquide embryonnaire virulent, dilué à 10^{-5} en eau physiologique.

La dose minima mortelle pour l'embryon, du liquide obtenu, est déterminée et est égale à 1/10 de centimètre cube d'une dilution à 10^{-9}.

Pour la poule adulte, elle est égale, par injection intra-musculaire, à 1^{cm^3} d'une dilution à 10^{-10}, chiffre comparable à celui du titre de la virulence pour l'embryon.

Le vaccin est préparé avec le même produit de broyage, mais sans filtration préalable. Il est formé de : une partie de broyat; cinq parties d'eau physiologique; quatre parties d'$Al(OH)_3$, à pH 7,3. Après agitation, on ajoute 5 % de formol. Le vaccin ainsi obtenu est utilisé après un séjour de huit jours à la glacière.

La vaccination est pratiquée sur six poules adultes par deux injections intramusculaires de 1^{cm^3} de vaccin, à huit jours d'intervalle.

L'épreuve d'immunité est faite huit jours après la seconde injection de vaccin. Les six poules reçoivent chacune, dans les muscles, 1^{cm^3} d'une dilution virulente à 10^{-2}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-8} et 10^{-10}.

Les deux poules qui reçoivent les dilutions à 10^{-2} et 10^{-4} meurent en quatre jours. Les quatre autres demeurent indemnes pendant un mois, temps au bout duquel nous considérons l'expérience comme terminée.

Par conséquent, étant donné que la dose minima mortelle pour la poule est représentée par 1^{cm^3} d'une dilution virulente à 10^{-10}, il apparaît que, dans notre expérience, la poule vaccinée qui a été éprouvée avec la dilution à 10^{-5}, a reçu impunément 10^{-5} soit 100000 doses minima mortelles.

L'expérience est complétée par une épreuve de contamination naturelle. On place, en même temps, dans une même cage, deux poules vaccinées, une poule neuve, et une autre poule neuve à laquelle nous injectons dans le muscle, 1^{cm^3} d'une dilution de virus à 10^{-9}. La nourriture est répandue à même le plancher de la cage, pour augmenter les risques de contamination.

La poule qui a reçu le virus, présente des symptômes de peste au bout de trois jours et meurt deux jours et demi plus tard.

La poule neuve présente les mêmes symptômes quatre jours après la mort de la première, et meurt, à son tour, quatre jours plus tard.

Les deux poules vaccinées demeurent indemnes pendant un mois, temps au bout duquel nous considérons l'expérience comme terminée.

Dans cette expérience, il y a donc bien eu transmission naturelle de la maladie, et protection des animaux vaccinés.

L'efficacité élevée du vaccin que nous avons préparé est comparable à celle qui a été obtenue par les auteurs américains et allemands opérant dans les

mêmes conditions, en particulier Brandly et ses collaborateurs (1), avec la maladie de Newcastle et Traub (2), avec la pseudo-peste.

En raison de la pluralité du virus pesteux, de tels résultats ne sont valables que pour un virus donné. C'est pourquoi une prophylaxie rationnelle obligera, en France, à partir du plus grand nombre possible de souches isolées sur notre territoire, afin de disposer de vaccins plurivalents.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 10m.

R. C.

---

(1) C. A. Brandly, H. E. Moses, E. E. Jones et E. L. Jungler, *Amer. J. of Vet. Res.*, 7, 1946. p. 307.

(2) *Zentralbl. f. Bakt. I*, 150, 1943, p. 1.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 FÉVRIER 1949.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉODÉSIE. — *Mesures de pesanteur dans le Sud-Est de la France.* Note (*) de M. **Pierre Lejay.**

Le tableau ci-après donne les valeurs obtenues à la fin de notre campagne gravimétrique de 1947. A la suite des nouvelles liaisons établies avec des gravimètres modernes entre Paris, Toulouse et Bordeaux, nous avons été conduit à modifier la valeur de base de Bordeaux (Observatoire de Floirac) admise précédemment ([1]) de 2 milligals. g'_0 désigne la valeur obtenue en appliquant la correction de Bouguer et la correction pour le relief.

La comparaison de la carte des anomalies de Bouguer et de la carte géologique de la région située au Sud de l'embouchure de la Loire, fait ressortir de remarquables concordances qui méritent d'être signalées : la bande de granits de l'axe armoricain qui s'élargit au Sud-Est de Nantes vers Cholet et le Sud d'Angers d'une part, et s'étend d'autre part largement sur la région de La Roche-sur-Yon, pour finir dans l'étranglement du Sud-Est de Partenay, coïncide presque exactement avec les zones de plus fortes anomalies négatives. Il n'est pas douteux qu'il existe entre les deux faits une étroite corrélation.

Mais, tandis que sur la carte géologique, on voit disparaître les granits à une dizaine de kilomètres au Sud-Est de Partenay, l'étroite bande d'anomalies négatives se prolonge d'une trentaine de kilomètres au delà. Les anomalies gravimétriques viennent ainsi confirmer les données géologiques tendant à faire conclure que les granits armoricains s'étendent dans le seuil du Poitou de façon continue sous une faible couverture jurassique.

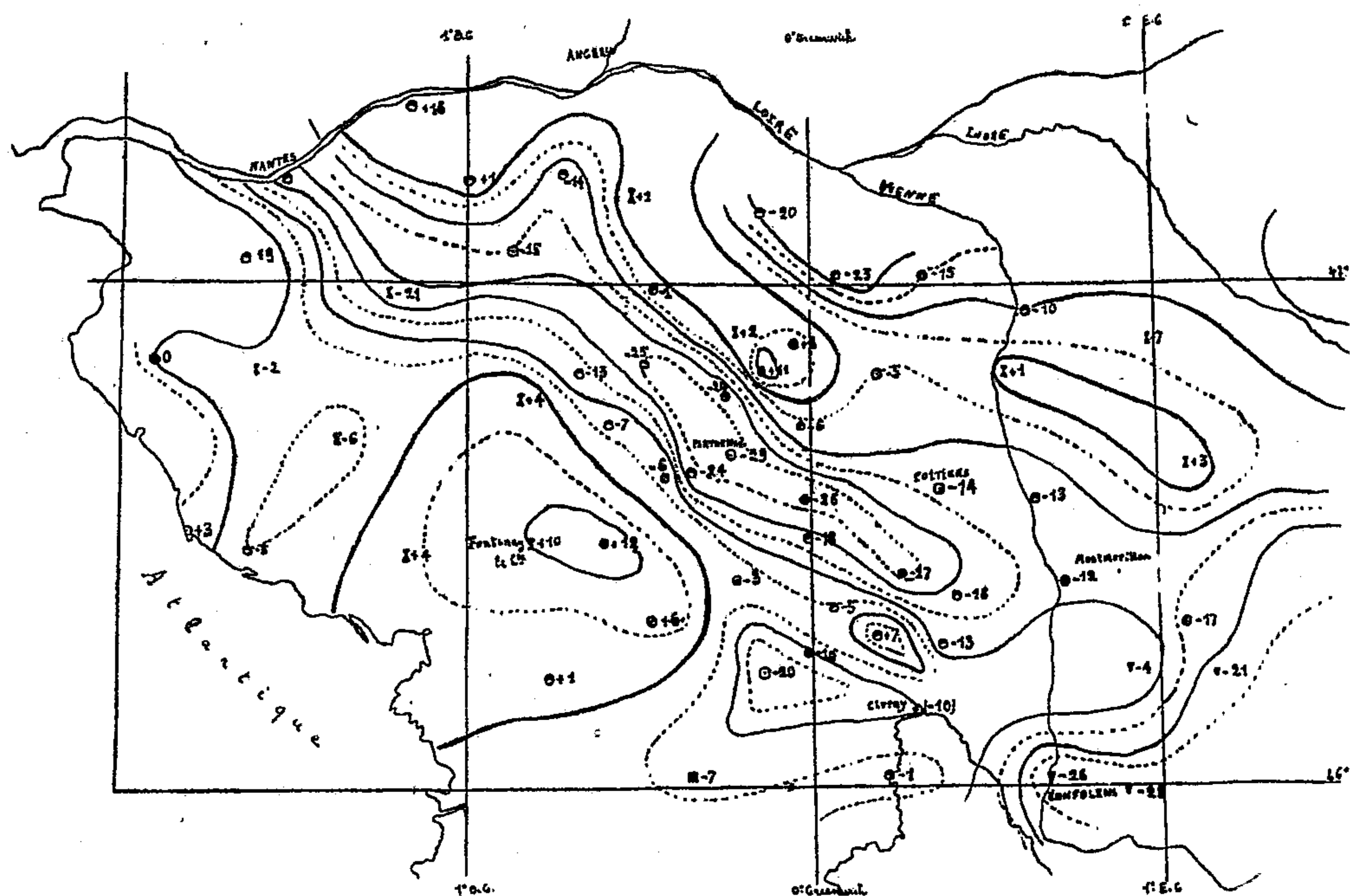
(*) Séance du 14 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 935. Les valeurs de g données p. 937 doivent en conséquence être diminuées de 2 milligals.

Campagne gravimétrique du 3 au 16 septembre 1947.

	Stations.	Longitude.	Latitude.	Altitude.	g.	g_0.	g'_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g'_0-\gamma'_0$.
		° ′	° ′	m	gals	gals	gals	gals	gals	gals
122	Bordeaux	0.31,3 O. G.	44.50,7	71	980,570	980,590	980,584	980,615	—23	—31
123	Saint-Jean-d'Illac	0.46,9	48,8	46	578	593	588	613	—20	—25
124	Hourtin	1.03,5	45.11,2	19	623	629	627	646	—17	—19
125	Le Verdon	1.03,9	32,7	5,5	663	665	664	678	—14	—14
126	Lamarque	0.41,5	06,0	4,5	609	611	610	638	—27	—28
127	Cavignac	0.23,5	06,1	69	586	608	600	639	—31	—39
128	Coutras	0.07,6	02,6	15	592	597	595	633	—36	—38
129	Montpont	0.09,9	00,7	44	592	605	601	630	—25	—29
130	Sainte-Aulaye	0.08,2 E. G.	12,2	65	605	625	618	648	—23	—30
131	Ribérac	0.20,5	14,8	88	619	646	636	652	— 6	—16
132	Montmoreau	0.07,9	23,9	88	634	661	651	665	— 4	—14
133	La Rochebeaucourt	0.22,8	29,1	98	636	666	655	673	— 7	—18
134	Montbron	0.30,2	40,2	143	643	688	672	690	— 2	—18
135	La Rochefoucauld	0.22,8	44,6	84,5	673	699	690	696	+ 3	— 6
136	Mansle	0.10,9	52,6	68	681	703	695	709	— 6	—14
137	Ruffec	0.12,1	46.01,7	100	702	732	721	722	+10	— 1
138	Civray	0.17,8	08,9	112,5	699	734	722	733	+ 1	—11
139	Couhé-Verac	0.10,9	17,9	131	729	769	755	747	+22	+ 8
140	Vivonne	0.15,6	25,4	92	712	740	730	758	—18	—27
141	Lussac	0.43,6	24,2	104	724	756	744	756	0	—12
142	Chauvigny	0.38,7	34,2	67	745	766	758	771	— 5	—13
143	Poitiers	0.20,9	35,2	81	742	767	759	773	— 6	—14
144	Saint-Maurice	0.24,5	22,7	111	716	751	738	754	— 3	—16
145	Sommières	0.21,6	16,8	114	710	745	732	745	0	—13
146	Lezay	0.00,5 O. G.	16,0	128	708	748	734	744	+ 4	—10
148	Saint-Sauvant	0.03,2 E. G.	21,6	144	719	763	747	752	+ 9	— 5
149	Sanxay	0.00,5 O. G.	29,6	131	720	760	746	764	— 4	—18
150	Parthenay	0.15,1 O. G.	39,1	154	718	766	749	778	—12	—29
151	Azay	0.21,0	37,6	178	717	772	752	776	— 4	—24
152	Moncoutant	0.35,3	43,4	206	737	801	778	785	+16	— 7
153	Cerizay	0.40,2	49,4	175	746	800	781	794	+ 6	—13
154	Argenton	0.27,5	59,1	119	783	820	807	808	+12	— 1
155	Saint-Jouin	0.03,1	52,9	100	788	818	807	799	+19	+ 8
156	Mirebeau	0.08,0 E. G.	47,0	152	756	803	786	790	+13	— 4
157	Loudun	0.04,5 E. G.	47.00,7	100	768	799	788	811	—12	—23
158	Montreuil	0.09,3 O. G.	08,1	58	805	823	817	837	—14	—20
159	La Menitré	0.16,3	24,2	24	843	850	847	846	+ 4	+ 1
160	Cuon	0.06,6	28,7	45	837	851	847	853	— 2	— 6
161	Le Lude	0.09,5 E. G.	38,8	49	853	869	863	868	+ 1	— 5
162	Rillé	0.15,0	27,1	81	829	853	844	850	+ 3	— 6
163	Vernoil	0.04,7	23,2	70	828	849	841	845	+ 4	— 3
164	Montsoreau	0.03,8	12,9	45	802	816	811	829	—13	—18
165	Richelieu	0.19,3	00,8	55	786	803	796	811	— 8	—15
166	Dangé	0.36,4	46.56,3	49	785	800	794	804	— 4	—10
167	Ligueil	0.49,0	47.02.7	77	786	809	801	814	— 5	—13
168	Sainte-Maure	0.37,2	06,7	92	777	806	795	820	—14	—25
169	Azay-le-Rideau	0.28,0	15,7	48	811	826	821	833	— 7	—12
170	Villandry	0.30,8	20,5	53	822	839	833	841	— 2	— 8
171	Château-la-Vallière	0.19,1	32,7	93	828	856	846	859	— 3	—13
172	Château-du-Loir	0.25,1	41,7	62	853	872	865	872	0	— 7
173	Villaines-sous-Luce	0.28,9	52,0	101	865	896	885	888	+ 8	— 3
174	Saint-Calais	0.44,7	55,3	100	865	896	885	893	+ 3	— 8
175	Authon-du-Perche	0.53,9	48.11,8	245	856	931	904	917	+14	—13
176	Arrou	1.07,4	05,9	162	855	905	887	908	— 3	—21
	Bagneux	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Les anomalies disparaissent au contraire dans la région de Fontenay-le-Comte, le long de la côte atlantique.



On notera encore sur la carte gravimétrique la rupture de l'orientation générale des isanomales au Nord de Confolens; la discontinuité entre le prolongement de l'axe armoricain et les masses granitiques du Massif Central est marquée par les zones d'anomalies faibles qui correspondent aux sédiments s'étendant du Sud de Civray à Montmorillon, et par l'aspect en bandes resserrées des anomalies armoricaines, en larges zones plates des anomalies du Limousin.

Les forts gradients observés dans la région de Partenay, la régularité des zones de fortes anomalies constituent des conditions d'interprétation très favorables qui rendraient une étude de détail, par l'établissement d'un réseau serré, particulièrement fructueuse.

ENTOMOLOGIE. — *Les Termitières géantes de l'Afrique équatoriale.* Note (*) de MM. **Pierre-P. Grassé** et **Charles Noirot**.

Par les récits des voyageurs et par quelques très rares notes scientifiques, a été signalée en Afrique équatoriale la présence de termitières gigantesques, dont jusqu'ici l'étude méthodique n'a pas été entreprise.

Les nids des *Bellicositermes natalensis*, *B. bellicosus*, *B. jeanneli* ..., en dépit

(*) Séance du 21 février 1949.

de leurs très grandes dimensions, ne méritent pas d'être qualifiés de géants; le volume de leur masse épigée n'excède pas, dans les cas les plus favorables, une dizaine de mètres cubes. Tandis que dans les vrais termitières géantes, il s'agit de centaines de mètres cubes de terre.

Les nids pris, dans cette Note, comme types ont été étudiés en Oubangui-Chari. Ce sont des monticules de terre argileuse, en forme de cône ou de dôme, hauts de $2^m,50$ à 5^m, avec, à la base, un diamètre moyen de 15 à 20^m, lequel atteint souvent 30^m et même 60^m (dans un nid de forme étirée à base elliptique). Le volume de la terre portée au-dessus du sol varie de 100^{m^3} à 1200^{m^3}, avec des chiffres probablement supérieurs dans certains cas.

Ces monticules logent dans l'épaisseur de leurs parois de nombreuses espèces de Termites appartenant notamment aux genres *Pseudacanthotermes*, *Microtermes*, *Ancistrotermes*, *Trinervitermes* et *Cubitermes sensu latissimo*.

La construction en a été attribuée, soit à *Pseudacanthotermes spiniger* (Laman, Bequaert), soit à *Bellicositermes natalensis* (Emerson), soit à *Bellicositermes goliath* (Ringoet).

Après avoir effectué des fouilles fort pénibles, nous sommes en mesure d'affirmer que le véritable constructeur des monticules de l'Oubangui est bien un *Bellicositermes* de grande taille, qui diffère de toutes les espèces antérieurement décrites et que nous nommons *B. rex*. Toutefois, il est vraisemblable que certains *Bellicositermes*, identiques à *B. rex*., ont été confondus par certains de nos prédécesseurs avec *B. goliath*.

Jusqu'ici, aucune donnée n'a été fournie sur l'architecture des termitières géantes. Nous avons constaté que les nids de très grande taille, mais vides d'habitants, et les nids plus petits contenant une population dense montrent la même disposition intérieure. Naturellement, on distingue une partie épigée et et une partie hypogée qui descend jusqu'au cailloutis latéritique; mais comme on passe insensiblement de l'une à l'autre, nous ne tiendrons pas compte de cette distinction dans la description qui suit.

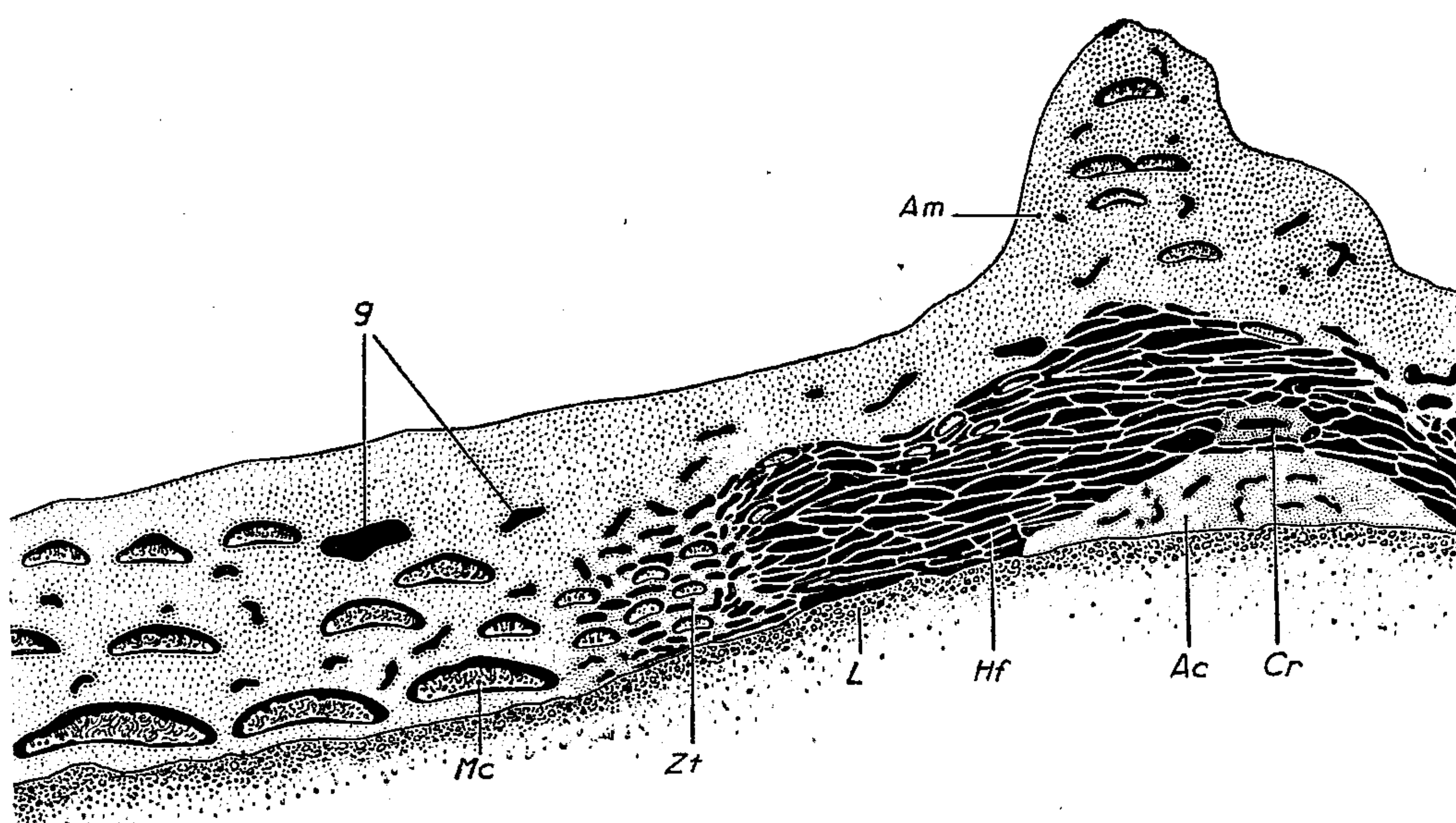
Nous reconnaîtrons 4 zones dans l'édifice (*fig.* 1) :

1° Une zone périphérique externe, décrivant un large anneau autour du nid et dans laquelle s'étagent plusieurs strates de chambres surbaissées contenant de très grandes meules à champignons (50 à 60^{cm} de diamètre); elle est de structure massive et creusée de galeries peu nombreuses, ordinairement très larges;

2° Une zone périphérique interne, que nous qualifierons de zone de transition : à la structure massive se substitue une construction grossièrement lamelleuse, dans laquelle se trouvent délimitées des chambres à meules beaucoup plus petites que celles de la zone précédente;

3° L'habitacle qui occupe la région centrale du nid. Il se subdivise en deux régions : l'une, maçonnée en argile massive, est creusée seulement de galeries irrégulières et forme une sorte de nodule en dôme recouvert par la deuxième

région. Celle-ci est faite de lamelles argileuses, pour la plupart minces, plus ou moins horizontales et soutenues par des cloisons verticales ou obliques; à sa périphérie, elle contient quelques petites meules à champignons. La cellule



Coupe d'une jeune termitière de *Bellicositermes rex*. *Ac*, argile maçonnée compacte; *Am*, argile massive du cône apical; *Cr*, cellule royale; *g*, galeries; *Hf*, habitacle feuilleté; *L*, cailloutis de latérite; *Mc*, meules à champignons; *Zt*, zone de transition. La moitié droite n'a pas été figurée. Échelle : 4 cm. au mètre.

royale se tient dans la région lamelleuse à peu près exactement au-dessus du nodule argileux massif;

4° Le cône apical, entièrement épigé, qui surmonte l'habitacle. Il est de structure massive, parcouru seulement par des galeries de moyen diamètre et creusé de quelques chambres à meules. Entre lui et l'habitacle lamelleux n'existe aucune zone de transition.

On notera l'absence de tout amas de sciure de bois humectée de salive, amas si abondants chez *B. natalensis*.

Dans les grands nids *âgés* habités, comme dans les nids abandonnés, le cône apical s'efface de telle sorte que la partie épigée de l'édifice prend la forme d'un dôme ou d'une coupole plus ou moins surbaissée.

Bellicositermes rex, comme tous ses congénères, a besoin d'argile pour la construction de sa demeure; il la prend en profondeur, surtout sous le cailloutis latéritique. Pour deux nids mesurant respectivement 15^{m} de diamètre, 2^{m} de haut et 6^{m} de diamètre et 1^{m} de haut, les habitacles étaient de taille à peine différente. Il est vraisemblable que les populations de ces deux sociétés étaient du même ordre de grandeur. On en conclura, sous réserves d'études ultérieures, que les ouvriers presque sans arrêt remontent de l'argile

au-dessus du sol, sans pour cela agrandir les régions habitées du nid. Le gigantisme des nids du *B. rex* tient en grande partie à cette extraordinaire activité des ouvriers.

Les termitières géantes existent de part et d'autre de l'Équateur, dans une zone comprise entre 5°,5 de latitude Nord et 5°,5 de latitude Sud. Vers l'Ouest, elles n'atteignent pas l'Atlantique, ne dépassant guère 13° de longitude Est. Leur extension vers l'Est nous est inconnue. Vers le Sud-Est (Katanga et Nord de la Rhodésie), la présence de termitières géantes, plus grandes même que celles de l'Oubangui, a été signalée, mais nous ignorons si elles sont l'œuvre du *B. rex*.

Les termitières géantes sont souvent abondantes dans les savanes, où elles constituent un élément caractéristique du paysage, succession ininterrompue de monticules. On notera qu'elles sont très souvent vides de leurs constructeurs, mais abritent un abondant peuplement d'espèces venues secondairement. Qu'elles soient vivantes ou mortes, dans bien des cas, elles sont recouvertes d'une forte végétation herbacée où domine *Imperata cylindrica*. On les trouve aussi en forêt, mais leur densité y est nettement plus faible.

Sans exagération, on peut affirmer que, sur des superficies dépassant de deux à trois fois celle de la France, le sol a été remanié et imbibé de salive par le *B. rex*. Le rôle agrologique de ce Termite paraît être capital dans la reconstitution des sols au-dessus de la couche latéritique. Le problème pédologique qu'il pose dépasse notre compétence; jusqu'ici il n'a retenu l'attention que de quelques géologues (Cameron, Steel).

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. Gaston Dupouy est élu Correspondant pour la Section de Physique générale en remplacement de M. *Wander Johannes de Haas*, élu associé étranger.

DÉSIGNATIONS.

MM. Louis Lapicque, Léon Binet, Charles Laubry, René Leriche sont désignés pour représenter l'Académie à la séance solennelle qui sera organisée à Paris, à l'occasion du Centième anniversaire de la naissance de *Ivan Petrovitch Pavlov*.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Education Nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de Neuro-physiologie générale, vacante au Collège de France.

(Renvoi à la Section de médecine et chirurgie.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une propriété caractéristique des équations hyperboliques à coefficients constants.* Note de M. **Lars Gårding**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient $q(\zeta)=q(\zeta_1, \ldots, \zeta_n)$ un polynome à coefficients complexes et $A(q)$ l'ensemble des fonctions complexes $f(x)$ de n variables réelles $x_1, \ldots, x_n$, définies et indéfiniment dérivables pour tout x qui satisfont à l'équation aux dérivées partielles

$$q\left(\frac{\partial}{\partial x}\right) f(x)=0. \tag{1}$$

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai donné la définition suivante du caractère hyperbolique de (1) qui est un peu plus générale que celles de M. Herglotz et de M. Petrowsky ([2]). Écrivons q sous la forme $p+r$ où p est homogène et de degré supérieur à celui de r. Alors q est dit hyperbolique par rapport au vecteur réel $\xi=(\xi_1, \ldots, \xi_n)$ si $p(\xi) \neq 0$ et s'il existe un nombre réel t_0 tel que $q(t\xi+i\eta) \neq 0$ pour tout vecteur réel η quand $t>t_0$ ([3]). Cette fois il s'agit de la relation entre cette définition et une propriété fondamentale de l'ensemble $A(q)$ (théorème 2 ci-dessous).

Prenons dans l'espace des x la topologie euclidienne; soit m le degré de q et soit q hyperbolique par rapport à ξ. On peut montrer qu'il l'est aussi par rapport à $-\xi$, et, en utilisant les résultats de la première Note, on trouve que la valeur $f(x)$ d'une fonction $f \in A(q)$ en un point arbitraire x est une fonctionnelle linéaire $L(x, \xi, f)=L(f)$ de f qui tend vers zéro avec la borne supérieure des valeurs absolues de f et de ses dérivées d'ordre $\leq m(n+1)$ dans une certaine partie compacte $B(x)$ du plan $(y, \xi)=y_1\xi_1+\ldots+y_n\xi_n=0$. Nous écrivons

$$f(x)=L(x, \xi, f), \qquad (f \in A(q)). \tag{2}$$

La fonctionnelle L peut être donnée explicitement sous la forme d'une somme de certaines intégrales étendues à $B(x)$. Si $q=\zeta_1^2-\zeta_2^2-\ldots-\zeta_n^2$, (1) devient l'équation des ondes qui est l'équation hyperbolique la plus simple. Dans ce cas q est hyperbolique par rapport à tout ξ tel que $q(\xi)>0$, $B(x)$ est l'ensemble des y tels que $(y, \xi)=0$ et $q(x-y) \geq 0$ et (2) devient la formule bien connue qui donne la solution du problème de Cauchy relatif au plan $(y, \xi)=0$.

Soit maintenant q arbitraire. Si, pour une suite $f_1, f_2, \ldots, f_k, \ldots, \in A(q)$, f_k et chaque dérivée de f_k tend vers zéro uniformément avec $1/k$ dans tout ensemble compact du plan $(y, \xi)=0$ ou de l'espace entier, nous écrivons

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 539-541.

([2]) *Rec. Math.*, N. S., 17, 1945, p. 289-367.

([3]) La définition était posée pour le seul cas où q n'est pas un polynome en $l<n$ combinaisons linéaires de $\zeta_1, \ldots, \zeta_n$. Cette restriction est banale, et elle n'est plus utile ici.

respectivement

$$(a) \qquad f_k \to 0, \ (\xi),$$
$$(b) \qquad f_k \to 0.$$

Il est clair que pour tout q, (b) implique (a), mais la réciproque n'est pas vraie en général. D'autre part, si q est hyperbolique par rapport à ξ, on peut démontrer, en se servant de (2), que (a) implique que f_k tend vers zéro uniformément avec $1/k$ sur chaque ensemble compact de l'espace entier. Par un raisonnement analogue pour les dérivées de f_k, on conclut que (a) implique (b).

Pour un polynome arbitraire et pour un vecteur réel arbitraire on a le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *S'il existe un seul point x avec $(x, \xi) \neq 0$ tel que $f_k(x) \to 0$ toutes les fois que $f_k \to 0$, (ξ), alors q est hyperbolique par rapport à ξ.*

Dans la démonstration de ce théorème on n'utilise que des éléments de $A(q)$ de la forme $f(y) = \exp(y - x, \zeta)$, où ζ est un vecteur complexe tel que $q(\zeta) = 0$. En rapprochant le théorème 1 de nos résultats précédents, on a le théorème annoncé :

THÉORÈME 2. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que (a) implique (b) est que q soit hyperbolique par rapport à ξ.*

On déduit aussi du théorème 1 qu'une formule telle que (2) ne peut exister que dans le cas hyperbolique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une généralisation des fonctions presque périodiques.* Note de M. **Ferran Sunyer i Balaguer**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. A l'aide de la classique projection stéréographique sur la sphère de Riemann, nous définirons, comme d'habitude, la distance sphérique $|\mathfrak{z}, \mathfrak{z}'|$ de deux points $\mathfrak{z}$ et $\mathfrak{z}'$ du plan, la continuité sphérique d'une fonction et la convergence sphérique d'une suite de fonctions; ces deux dernières notions nous les appellerons, d'une forme abrégée et afin de donner plus d'unité aux dénominations, *continuité* R et *convergence* R. Ceci posé, on peut définir une généralisation des fonctions presque périodiques (pp) de Bohr de la façon suivante.

Une fonction $f(x)$ réelle ou complexe, d'une variable réelle x, définie et continue R *dans tout l'intervalle $-\infty < x < +\infty$ est dite pp* R, *lorsqu'à tout nombre ε positif, mais aussi petit que l'on veut, on peut faire correspondre une longueur $l = l(f, \varepsilon)$ telle que tout intervalle de longueur l contienne au moins un nombre τ pour lequel l'inégalité $|f(x+\tau), f(x)| \leq \varepsilon$ a lieu pour toutes les valeurs de x.*

La somme et le produit de deux fonctions pp R peuvent ne pas être pp R,

mais néanmoins j'ai conservé l'hypothèse de l'existence de la longueur l afin que l'ensemble des fonctions pp R contienne les pp de Bohr.

Parmi les propriétés des fonctions pp R je citerai les suivantes :

I. *Toute fonction pp* R *est uniformément continue* R *dans tout l'intervalle* $-\infty < x < +\infty$.

II. *La somme d'une fonction pp* R *et d'une fonction pp de Bohr est pp* R.

III. *Si $f(x)$ est pp* R, *la fonction*

$$\frac{af(x)+b}{cf(x)+d},$$

où a, b, c et d sont des constantes, sera aussi une fonction pp R.

D'après tout ce qui précède, la définition de fonction normale R est immédiate, il suffit de prendre la convergence uniforme R, au lieu de la convergence uniforme ordinaire, dans la définition de Bochner (1) de fonction normale; et il en résulte :

IV. *Toute fonction pp* R *est normale* R, *et réciproquement.*

2. De même que Bohr passe à la notion de fonction holomorphe pp dans une bande, nous pouvons définir les fonctions méromorphes pp R dans une bande. Ces fonctions ont des propriétés parallèles à celles des fonctions pp de Bohr; en particulier, on peut répéter tous les résultats de Favard (2) sur la distribution des valeurs de la fonction dans la bande de presque périodicité et quelques-uns de ceux de Jessen (3) sur la même question. Afin d'abréger, je ne donnerai que trois exemples :

V. *Soient $f(z)$ une fonction pp* R, *non constante, dans la bande* (α, β), *et* (α_1, β_1) *une bande intérieure a* (α, β), *il existe une constante* $C(\alpha_1, \beta_1, f)$ *telle que tout segment de longueur* 1 *de la bande* (α_1, β_1) *contienne au plus* C *racines de l'équation* $f(Z) = a$*; on peut prendre pour* C *une valeur finie indépendante de a.*

Avec les mêmes notations on peut énoncer.

VI. *Si autour de chaque racine de* $f(Z) = a$ *situé dans* (α, β) *nous traçons un cercle de rayon* Γ *suffisamment petit, ayant ce point pour centre, il existe une constante* M *(indépendante de a) telle que* $|f(Z), a| > M$ *lorsque* Z *est inférieur à la bande* (α_1, β_1) *et extérieur à tous les cercles.*

Si N(T) représente le nombre des zéros de la fonction pp R, dans un segment de longueur T de la bande (α, β), on aura :

VII. *Si la fonction* $\overline{\lim_{T=\infty}} N(T)\,T^{-1}$, *qui dépend de* α *et de* β, *est continue par rapport à ces deux quantités, alors la* $\lim_{T=\infty} N(T)\,T^{-1}$ *existe et est une fonction continue de* α *et de* β.

(1) *Math. Annalen*, 92, 1927, p. 119-147.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1614.
(3) *Math. Annalen*, 108, 1933, p. 485.

Une autre propriété des fonctions pp R dans une bande, est la suivante :

VIII. *Soit* $f(Z)$ *une fonction méromorphe pp* R *dans une bande* (α, β), *dans toute bande* (α_1, β_1), *intérieure à* (α, β), *on peut exprimer* $f(Z)$ *sous forme de quotient de deux fonctions holomorphes pp de Bohr dans la bande* (α_1, β_1).

Ce résultat nous permet de donner, pour les fonctions pp R, des théorèmes voisins de la généralisation de la formule de Jensen donnée par B. Jessen pour les fonctions pp de Bohr.

3. Il est très facile de voir que toute fonction pp de Bohr dans la bande $(-\infty, +\infty)$ doit être périodique, par contre il existe des fonctions pp R dans $(-\infty, +\infty)$ non périodiques. Par exemple, la fonction $e^{\lambda z}/(e^z - 1)$, où λ est un nombre irrationnel, est une fonction de cette classe. Puisque dans ce cas la bande comprend tout le plan, il faut préciser dans quelle direction la fonction est pp R; notamment la fonction précédente est pp R dans tout le plan et suivant la direction de l'axe imaginaire.

Dans une prochaine Note nous étudierons les fonctions pp R dans tout le plan et suivant deux directions; par suite de la similitude des propriétés de ces fonctions avec celles des fonctions elliptiques, je les appellerai fonctions presque elliptiques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les points transcendants de la fonction inverse d'une fonction entière* $w = f(z)$. Note (*) de M. **Léonce Fourès**, présentée par M. Paul Montel.

Nous appellerons ω un point singulier transcendant de la fonction inverse $z = f^{-1}(w)$ de la fonction entière $w = f(z)$. Nous désignerons par Δ le cercle $|w - \omega| < R$, dont la circonférence Γ ne passe par aucun point critique algébrique de $f^{-1}(w)$. AB est un diamètre de Δ ne passant par aucune singularité de $f^{-1}(w)$, autre que ω. $\mathcal{E}_{A,\alpha}$ est l'élément de $z = f^{-1}(w)$ qui prend la valeur $z = \alpha$ pour $w = A$. $\mathcal{E}_{A,\alpha}$ prolongé, suivant tous les chemins possibles intérieurs à Δ, fait correspondre à Δ, dans le plan z un domaine infini $\mathfrak{D}$ limité par un système $\mathfrak{C}$ de courbes C_i. La famille des arcs $[\theta]$ est une famille de courbes analytiques joignant dans Δ, A à ω, dont la tangente en A fait avec AB un angle θ et telles que, par tout point de Δ, il passe un et un seul de ces arcs qui, de plus, sont coupés en un seul point par tout cercle de centre ω. $[\pi/2]$ est formé d'une demi-circonférence AB et du rayon $B\omega$.

Dans le cas où tout $\mathcal{E}_{A,\alpha}$ prolongé suivant $[\pi/2]$, conduit à un élément régulier en ω, on a un point indirectement critique. Si tout $\mathcal{E}_{A,\alpha}$ prolongé suivant $[\pi/2]$ fait correspondre à w un point z s'éloignant à l'infini, $\mathfrak{D}$ ne comprenant pas de zéros de $f'(z)$, on a un point directement critique de première

(*) Séance du 21 février 1949.

espèce. Dans ces deux cas, on sait décomposer simplement $\mathfrak{D}$ en cellules d'univalence à valeurs couvrant Δ sans qu'il y ait division impropre.

Plaçons-nous dans les autres cas. Soit Δ^1, de centre ω, intérieur à Δ, limité par Γ^1, coupé par $B\omega$ en B^1, par ωA en A^1. Les éléments $\mathcal{E}_{B,\beta_i}$ de $f^{-1}(w)$, $(\beta_i \in \mathfrak{C})$, prolongés suivant BB^1, conduisent à des éléments $\mathcal{E}_{B^1,\beta_i^1}$ qui, prolongés suivant Γ^1 font correspondre à Γ^1 des courbes pouvant se grouper en systèmes $\mathfrak{C}_1^1, \mathfrak{C}_2^1, \ldots, \mathfrak{C}_n^1, \ldots$, limitant des domaines $\mathfrak{D}_1^1, \mathfrak{D}_2^1, \ldots, \mathfrak{D}_n^1, \ldots$ se représentant sur Δ^1 dans le plan w. Certains de ces $\mathfrak{D}_i^1$ sont bornés et peuvent être décomposés en cellules d'univalence à valeurs couvrant Δ^1. A tout β_i intérieur à un arc $\alpha_j\alpha_k$, dont l'image sur le plan w est Γ parcourue une seule fois, on associe donc un β_i^1 intérieur à un arc $\alpha_l^1\alpha_m^1$ de $\mathfrak{C}_p^1$, dont l'image est Γ^1 parcourue une seule fois.

En remarquant que, dans la couronne $((\Gamma, \Gamma^1))$, il n'y a dans le plan w qu'un nombre fini de points critiques algébriques, on peut construire à partir de tout couple d'arcs ainsi associés $(\alpha_j\alpha_k; \alpha_l^1\alpha_m^1)$ une cellule d'univalence à valeurs couvrant la couronne $((\Gamma, \Gamma^1))$ et ayant pour frontière $\alpha_j\alpha_k$ sur $\mathfrak{C}$ et $\alpha_l^1\alpha_m^1$ sur $\mathfrak{C}_p^1$. Tout point z_0 de $\mathfrak{D}$ tel que $f(z_0) \in ((\Gamma, \Gamma^1))$ est, soit point intérieur, soit point frontière d'une telle cellule; de plus, un nombre fini seulement de ces cellules pénètrent à distance finie.

Certains des domaines $\mathfrak{D}_k^1$ peuvent être décomposés en cellules d'univalence, bornées ou infinies et ayant précisément comme arc frontière sur $\mathfrak{C}_k^1$ des arcs du type $\alpha_l^1\alpha_m^1$; en ajoutant alors à chacune de ces cellules, la cellule construite à partir de son côté libre $\alpha_l^1\alpha_m^1$, et à valeurs couvrant $((\Gamma, \Gamma^1))$, on obtient bien des cellules d'univalence à valeurs couvrant Δ.

Il reste des $\mathfrak{D}_k^1$ qui ne peuvent être décomposés en cellules d'univalence. On les traite alors, chacun, comme on a traité $\mathfrak{D}$ en introduisant $\Delta^2 \subset \Delta^1 \subset \Delta$, et en construisant des cellules à valeurs couvrant $((\Gamma^1, \Gamma^2))$ et que l'on raccorde suivant les arcs frontières communs de $\mathfrak{C}_k^1$ aux cellules d'univalences à valeurs couvrant $((\Gamma, \Gamma^1))$. On obtient ainsi des cellules d'univalence à valeurs couvrant $((\Gamma, \Gamma^2))$, ayant un côté libre sur $\mathfrak{C}$, et telles que si z_0 a son image dans $((\Gamma, \Gamma^2))$, il est soit point intérieur, soit point frontière d'une cellule, si toutefois il n'appartient pas déjà à une cellule complète, à valeurs couvrant Δ.

S'il existe toujours, en poursuivant l'opération des $\mathfrak{D}_k^n$ que l'on ne peut décomposer en cellules complètes à valeurs couvrant Δ^n, on obtient des cellules d'univalence dont les valeurs couvrent une couronne $((\Gamma, \Gamma^n))$ de plus en plus grande. Le rayon des Δ^n tendant vers zéro avec n, on peut trouver N assez grand pour que les domaines $\mathfrak{D}_k^n(n > N)$ soient à l'extérieur d'un cercle arbitraire $|z| = R$. On obtient donc en même temps une suite de cellules d'univalences croissantes dont la partie à distance finie (dans $|z| \leqq R$) est définitivement fixée après un nombre fini d'opérations.

On démontre qu'à la limite, ces cellules sont des cellules complètes d'univalence dont un nombre fini seulement pénètre à distance finie.

S'il n'y a pour $z = f^{-1}(w)$ que des singularités transcendantes isolées, la décomposition en feuillets de la surface de Riemann des valeurs prises par $f(z)$, en résulte en même temps que la décomposition du plan en domaines complets d'univalence sans qu'il y ait division impropre.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *La fonction spectrale de la turbulence isotrope.* Note (*) de M. **Léon Agostini**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une étude sur la turbulence homogène isotrope, Heisenberg (1) a introduit la notion de fonction spectrale $F(k)$ en fonction de la pulsation spatiale k ($k = 2\pi \times$ nombre d'ondes).

Les fonctions spectrales longitudinale et transversale sont, en fonction de la pulsation longitudinale k_x, données par les égalités

$$(1)\qquad F_x(k_x) = \frac{1}{2}\int_{k_x}^{\infty} F(k)\left(1 - \frac{k_x^2}{k^2}\right)\frac{dk}{k},$$

$$(2)\qquad F_y(k_x) = \frac{1}{4}\int_{k_x}^{\infty} F(k)\left(1 + \frac{k_x^2}{k^2}\right)\frac{dk}{k}.$$

La fonction $F(k)$ est la seule sur laquelle puissent être faites des hypothèses simples telles que celle de la similitude (2) qui conduit à l'expression

$$F(k) = Ck^{-\frac{5}{3}}$$

valable aux grands nombres de Reynolds dans un intervalle limité inférieurement par une valeur k_0 de la pulsation spectrale donnant l'ordre de grandeur des plus grands tourbillons.

La comparaison de ces hypothèses avec l'expérience porte habituellement (3) sur la fonction spectrale longitudinale $F_x(k_x)$ obtenue en général (et sous certaines réserves) par analyse spectrale de la vitesse à un point fixe. Mais la loi de variation de $F_x(k_x)$ donne des renseignements très indirects sur le comportement de $F(k)$; en effet, d'après (1),

$$\frac{dF_x(k_x)}{dk_x} = -k_x\int_{k_x}^{\infty}\frac{F(k)}{k^3}\,dk,$$

la pente de la courbe représentative dépend donc de toutes les valeurs de $F(k)$ pour k supérieur à k_x.

(*) Séance du 21 février 1949.

(1) *Zeits. f. Ph.*, 124, 1948, p. 628.

(2) *Weizsäcker Zeits. f. Ph.* 124, 1948, p. 614; Kolmogorof, *C. R. U. R. S. S.*, 30, 1941, n° 4, p. 301.

(3) Par exemple, Th. de Karman, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2108.

Au contraire, la fonction :

$$(3)\qquad \varphi(k_x) = F_x(k_x) + 2F_y(k_x) = \int_{k_x}^{\infty} \frac{F(k)}{k} dk$$

est beaucoup plus sensible à la forme de $F(k)$, car

$$\frac{d\varphi}{dk_x} = -\frac{F(k_x)}{k_x};$$

cette dérivée ne dépend que de la valeur de $F(k_x)$. La courbe représentant $\varphi(k_x)$ aura donc des formes très différentes, suivant la loi de variation de $F(k)$, d'où son intérêt, notamment pour l'étude de $F(k)$ aux petites valeurs de k/k_0. Il est d'ailleurs facile de prévoir un dispositif expérimental donnant directement $\varphi(k_x)$.

La fonction $\varphi(k_x)$ donne la répartition spectrale en fonction de la pulsation *longitudinale* k_x de l'énergie *totale* de turbulence, en effet, d'après (1) et (2) :

$$(4)\qquad \int_0^{\infty} \varphi(k_x) = \int_0^{\infty} F(k)\, dk = \frac{1}{2}\overline{V^2},$$

où

$$V = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$$

représente la vitesse totale d'agitation en un point.

A cette fonction spectrale correspond le coefficient de corrélation entre les vitesses totales en deux points à la distance x, soit

$$(5)\qquad R(x) = \frac{\overline{\vec{V}\vec{V}'}}{\overline{V^2}} = \frac{1}{3}[R_x(x) + 2R_y(x)].$$

Des formules connues reliant les facteurs de corrélation R_x et R_y d'une part, à F_x et F_y d'autre part, nous déduisons en effet :

$$(6)\qquad \frac{1}{2}\overline{V^2} R(x) = \int_0^{\infty} \varphi(k_x) \cos k_x x\, dk_x.$$

La fonction spectrale peut être déduite directement de la corrélation totale $R(x)$, car la relation (6) peut s'écrire

$$(7)\qquad \frac{1}{2}\overline{V^2} R(x) = \int_0^{\infty} \frac{\sin kx}{kx} F(k)\, dk,$$

en admettant que $\varphi(0) = \int_0^{\infty} \frac{F(k)}{k} dk = \frac{1}{2}\overline{V^2}\int_0^{\infty} R\, dx$ est fini.

Ce résultat peut d'ailleurs être obtenu directement en calculant la valeur moyenne de $\vec{V}.\vec{V}'$ à partir des développements de Fourier des vitesses.

La formule (7) donne inversement

$$(8)\qquad \frac{F(k)}{k} = \frac{1}{\pi}\overline{V^2}\int_0^{\infty} x\, R(x) \sin kx\, dx.$$

A défaut de mesures directes, les valeurs expérimentales de R_x et R_y permettent de calculer R; la relation de Karman $R_y = R_x + (x/2)R'_x$ permet de connaître R à partir de R_x ou de R_y seulement.

ASTROPHYSIQUE. — *Le chauffage de la couronne solaire.* Note (*) de M. **Evry Schatzman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Schwarzschild a suggéré (¹) le processus suivant pour le chauffage de la couronne : les granules en mouvement ascendant dans la région instable (²) de l'atmosphère solaire sont freinés par la photosphère stable et engendrent ainsi des ondes de compression, ondes acoustiques qui transportent dans la chromosphère et la couronne l'énergie mécanique nécessaire pour équilibrer les pertes d'énergie par rayonnement.

1. Les ondes acoustiques, en raison de la chute de densité dans la photosphère, augmentent en amplitude et sont transformées en ondes de choc.

2. La théorie des ondes de choc (³) permet de calculer l'énergie dissipée au cours de la propagation. Elle implique un temps t, mesurant la longueur du sillage de l'onde de choc.

3. On peut calculer la vitesse quadratique moyenne w^2 d'agitation, due à toutes les ondes de choc de différentes directions, en mouvement dans l'atmosphère solaire, le flux d'énergie correspondant à cette vitesse quadratique moyenne, l'effet de réfraction des rayons sonores dans le milieu à vitesse de propagation V variable avec l'altitude δ, que constitue la chromosphère, et obtenir ainsi une équation de transfert :

$$\frac{d}{dr}\log r^2\rho w^2 V = -2\frac{1}{V}\frac{dV}{dr} - \frac{4}{3}\frac{w}{V^2 t}. \tag{1}$$

4. La conservation de l'énergie implique l'égalité entre l'énergie dissipée par rayonnement et l'énergie mécanique apportée par les ondes acoustiques. L'énergie rayonnée peut être calculée, dans toute région où l'ionisation est totale, par les formules de Cillié (⁴).

a et b étant des coefficients numériques, on a

$$a\rho^2\sqrt{T}\left(1 + \frac{b}{T}\right) = 6\pi\frac{\rho w^3}{Vt}. \tag{2}$$

5. Les équations (1) et (2), associées à l'équation d'équilibre hydrostatique,

(*) Séance du 21 février 1949.

(¹) *Ap. J.*, 107, 1948, p. 1.

(²) Unsold, *Physik der Sternatmospharen.*

(³) Brinkley et Kirkwood, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 606.

(⁴) *M. N.*, 92, 1932, p. 830.

permettent de calculer différentes grandeurs importantes de la couronne et de la chromosphère.

a. L'étude des conditions au voisinage du maximum de température dans la couronne, $T = 1,23 . 10^6$ degrés, $\log N_e = 8,5$, permet de calculer le temps t mesurant la longueur du sillage de l'onde de choc. On trouve $t = 15$ secondes.

b. A un point typique de la chromosphère, de température 35 000 degrés [5], de densité $2 . 10^{11}$ électrons par centimètre cube [6], on peut calculer ϖ. On trouve

$$\varpi = 4 \text{ km/sec.}$$

excédant seulement par un facteur 4 la valeur maximum admise par Redman [5] de 1 km/sec. Si l'on tient compte de l'opacité, non négligeable dans cette région, on réduit l'énergie rayonnée, et par conséquent on diminue ϖ.

c. On peut intégrer les équations (1) et (2) et obtenir un modèle de chromosphère et de couronne intérieure. Le maximum de température dans ce modèle est atteint à $0,056 R_\odot$ au-dessus du disque contre $0,1 R_\odot$ environ observé. La densité change de la chromosphère à la couronne par un facteur 100, trop petit par environ un facteur 5. Néammoins, l'allure des courbes $T(r)$ et $\rho(r)$ est satisfaisante.

d. Le flux d'énergie mécanique entrant dans la chromosphère peut être calculé indépendamment de l'intégration *c*. On trouve $10^{27,5}$ ergs, en parfait accord avec l'émission dans l'ultraviolet de Lyman admise aujourd'hui pour expliquer l'ionisation ionosphérique.

6. Au delà du maximum de température, la couronne est quasi isotherme en raison de l'énorme conductivité thermique des électrons libres. Une distribution isotherme de densité à $1,23 . 10^6$ degrés, pour un mélange à masses égales d'hydrogène et d'hélium, est en parfait accord jusqu'à $R = 4 R_\odot$ avec la distribution donnée par van de Hulst [7] après soustraction de la composante F du rayonnement coronal.

ASTROPHYSIQUE. — *Variations de l'abondance des constituants de l'atmosphère solaire et de son indice de réfraction avec la profondeur.* Note (*) de M. **Paul Proisy**, présentée par M. André Danjon.

Les variations de l'indice de réfraction de l'atmosphère solaire avec la profondeur peuvent être obtenues à partir des données de l'un des modèles

(5) Redman, *M. N.*, 106, 1947, p. 137.
(6) Wildt, *Ap. J.*, 105, 1947, p. 36.
(7) *Ap. J.*, 105, 1947, p. 471.
(*) Séance du 21 février 1949.

d'atmosphère connus, en calculant successivement : 1° la profondeur des couches en fonction de leur profondeur optique; 2° l'abondance des constituants de l'atmosphère dans ces couches; 3° la contribution de chacun d'eux à l'indice de réfraction. J'exposerai ici la méthode que j'ai employée pour calculer ces éléments, ainsi que les résultats que donne le modèle d'atmosphère le mieux étudié à l'heure actuelle [modèle de Barbier (1), revu par de Jager (2)]. Ces résultats sont groupés dans un tableau, l'indice calculé étant celui de la radiation $0^{\mu},5$.

1° La profondeur des couches est calculée à partir de la couche $\bar{\tau} = 0,01$ à l'aide de la formule qui exprime qu'elles sont en équilibre : $dh = (dP/P).(RT/g\bar{\mu})$, dans laquelle P et T sont la pression et la température des couches, g l'accélération de la pesanteur, $\bar{\mu}$ la masse atomique moyenne de l'atmosphère solaire. Je supposerai dans ce qui suit que cette atmosphère est composée d'atomes d'hélium et d'hydrogène seulement, dans le rapport de 1 à 4, ce qui est pratiquement le cas dans les couches supérieures de l'atmosphère solaire, on a alors $\bar{\mu} = 1,6$.

2° L'abondance des constituants a été déterminée successivement pour les atomes neutres, les ions hydrogène négatifs, et les électrons libres.

Le nombre N d'atomes (H et He) par unité de volume est donné par la relation : $N = P/k.T$ (k étant la constante de Boltzmann). De même, celui des électrons est $N_e = P_e/k.T$ (P_e pression électronique de la couche). Le nombre d'ions H^- enfin est donné par la formule de Saha.

3° La contribution des constituants à l'indice de réfraction a été calculée pour $0^{\mu},5$ à partir de la formule classique de la dispersion dans les gaz [*cf.* Kramers (3) ou Körwien (4)].

Pour calculer la contribution des atomes qui donnent le spectre discontinu de H, j'ai adopté les valeurs des forces d'oscillations f_{ki} de Bethe (5), leur nombre dans les différents états étant calculé à l'aide de la formule de Boltzmann. La forte prédominance des atomes correspondant à la série de Lyman fait que seuls ceux-ci ont une importance. La force d'oscillation des atomes qui donnent le spectre continu étant $f(\nu)$, leur contribution a été calculée au moyen de l'expression de $df/d\nu$ donnée par Menzel (6). Ces deux contributions sont du même ordre de grandeur.

(1) *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 173.

(2) *Koninglijke Nederlandsche Akademie van Wetenschapen* (*Proceedings*, 51, 1948, p. 731).

(3) *Nature*, 113, 1924, p. 673; 114, 1924, p. 310.

(4) *Zeitschrift für Physik*, 91, 1934, p. 1.

(5) *Cf.* UNSÖLD, *Physik der Sternathmosphären*, 1938, p. 187.

(6) *Publications of the Lick Observatory*, 17, 1931, p. 222.

La contribution de He s'obtient rapidement à partir de la valeur obtenue par Körwien (4) dans les conditions normales de température et de pression. Celle des ions H^- a été déterminée à partir de la valeur du coefficient d'absorption $\alpha(\nu)$ obtenue par Chandrasekhar et F. Breen (7). Enfin celle des électrons libres a été calculée à l'aide de la formule $n-1=-N\varepsilon^2\lambda^2/2\pi mc$ [*Cf.* Minnaert (8)].

TABLEAU. — *Variations avec la profondeur optique moyenne $\bar{\tau}$ de la profondeur h, exprimée en kilomètres à partir de la couche $\bar{\tau}=0{,}01$, de l'abondance des constituants de l'atmosphère solaire et de son indice de réfraction pour* $0^{\mu},5$.

$\bar{\tau}$.	*h*.	T (°K).	N_H+N_{He}.	N_{H^-}.	N_e.	$(n-1)_{0^{\mu},5}$.
0,01....	0	4950	$1{,}99.10^{16}$	$7{,}58.10^{7}$	$2{,}73.10^{12}$	$1{,}05.10^{-7}$
0,02....	34	4975	2,79	$1{,}47.10^{8}$	3,83	1,47
0,04....	70,5	5025	4,00	2,78	5,23	2,10
0,10....	119	5180	6,29	6,39	8,43	3,30
0,20....	157,5	5400	8,71	$1{,}23.10^{9}$	$1{,}34.10^{13}$	4,56
0,60....	220	6070	13,65	4,19	4,14	7,11
1,0.....	244	6530	15,45	8,82	9,66	8,00
1,8.....	263,5	7180	16,27	$2{,}19.10^{10}$	$2{,}91.10^{14}$	8,235
2,5.....	272,5	7590	16,35	3,58	5,49	7,985
4,0.....	284	8210	16,27	–	$1{,}22.10^{15}$	7,20*
5,0.....	290,5	8370	16,63	7,91	1,54	7,04
9,0.....	310	8675	$18{,}09.10^{16}$	–	2,15	$7{,}12.10^{-7}$

La contribution principale à l'indice revient aux atomes neutres, celle des électrons devenant appréciable dans les couches profondes. La diminution de l'indice entre $\bar{\tau}=1{,}8$ et 7 est due à une diminution de P/T, et par suite du nombre des atomes entre $\bar{\tau}=2{,}5$ et 3 dans le modèle d'atmosphère adopté, dont l'influence est renforcée par la contribution négative et croissante des électrons. Le détail des calculs et l'application des résultats à l'étude de l'influence de la réfraction sur la position d'un objet et sur le rayonnement près du bord du disque solaire feront l'objet de prochaines publications.

(7) *Astrophysical Journal*, 104, 1946, p. 430.
(8) *Zeitschrift für Astrophysik*, 1, 1930, p. 234.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les rapports entre gravitation et électromagnétisme déduits des équations de Codazzi. Application au champ électromagnétique général des astres.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les tenseurs métriques interne (g_{ik}) et externe (ω_{ik}) de toute hypersurface (variété V_N à N dimensions plongée dans un espace V_{N+1}) satisfont nécessairement, si V_N est différentiable, aux équations de compatibilité de Gauss et de Codazzi. Soient $\overline{R}_{\alpha\beta\gamma\delta}$ (α, β, γ, $\delta = 1, 2, \ldots, N+1$) le tenseur de Riemann-Christoffel de V_{N+1} pris sur V_N; n^α la normale unitaire à V_N; $X^\mu (\mu = 1, 2, \ldots, N+1)$ et $x^i (i = 1, 2, \ldots, N)$ des coordonnées régulières dans V_{N+1} et V_N respectivement. En désignant par une virgule la dérivation covariante par rapport aux x^i, les équations de Codazzi de V_N s'écrivent

$$\omega_{ij,k} - \omega_{ik,j} = \overline{R}_{\alpha\beta\gamma\delta}\, n^\alpha X^\beta_{,i} X^\gamma_{,j} X^\delta_{,k}. \tag{1}$$

Pour un V_N de classe 1 (c'est-à-dire plongé dans un V_{N+1} euclidien ou pseudo-euclidien), le second membre de (1) s'annule et l'on a

$$\frac{\partial\omega_{ik}}{\partial x^j} - \frac{\partial\omega_{ij}}{\partial x^k} = A^h_k\left(\frac{\partial g_{ih}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^h} + \frac{\partial g_{jh}}{\partial x^i}\right) - A^h_j\left(\frac{\partial g_{ih}}{\partial x^k} - \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^h} + \frac{\partial g_{kh}}{\partial x^i}\right), \tag{2}$$

avec $2A^l_k \equiv g^{li}\omega_{lk}$. Considérons un espace à quatre dimensions de classe 1 (comme l'espace-temps) dans le cas particulier (¹) très important des champs *quasi statiques* ($\partial g_{ik}/\partial x^4 = \partial\omega_{ik}/\partial x^4 = 0$ pour $i, k = 1, 2, 3$; $\partial g_{44}/\partial x^4 = \partial\omega_{44}/\partial x^4 = 0$). Soit χ la courbure moyenne. Dans un domaine où χ est légèrement variable (¹), on a $2A^l_k = \chi\,\delta^l_k$ au second ordre près. De (2) on déduit alors

$$\frac{\partial\omega_{4i}}{\partial x^k} - \frac{\partial\omega_{4k}}{\partial x^i} = \chi\left(\frac{\partial g_{4i}}{\partial x^k} - \frac{\partial g_{4k}}{\partial x^i}\right) \qquad (i, k = 1, 2, 3, 4). \tag{3}$$

D'après notre théorie unitaire (²), les champs électrique (E_i) et magnétique (H_i) moteurs sont reliés aux ω_{ik} dans le cas quasi statique par les expressions

$$(4a, b)\qquad \left\{\begin{aligned} H_i &= \frac{1}{\chi_0\sqrt{-1}}\,\frac{(m_0)_e c^2}{e}\left(\frac{\partial\omega_{4k}}{\partial x^j} - \frac{\partial\omega_{4j}}{\partial x^k}\right),\\ E_i &= -\frac{1}{2\chi_0}\,\frac{(m_0)_e c^2}{e}\left(\frac{\partial\omega_{44}}{\partial x^i} - 2\frac{\partial\omega_{4i}}{\partial x^4}\right)\\ &(i, j, k = \text{permutation circulaire de } 1, 2, 3), \end{aligned}\right.$$

$(m_0)_e$ et e étant la masse propre et la charge de l'électron, χ_0 la valeur de χ pour l'espace-temps homogène et isotrope le plus proche de l'espace-temps

(*) Séance du 21 février 1949.

(¹) Le cas général et le détail des calculs seront exposés ailleurs.

(²) *Portugaliæ Physica*, 2, 1946, p. 1-98; *Portugaliæ Mathematica*, 5, 1946, p. 145-192; *Ibid.*, 6, 1947, p. 67-114; *Ibid.*, 7, 1948, p. 1-44.

véritable. En tenant compte de (3), on obtient donc

$$(5a,\,b)\qquad \begin{cases} H_i = \dfrac{\chi}{\chi_0\sqrt{-1}}\,\dfrac{(m_0)_e c^2}{e}\left(\dfrac{\partial g_{4k}}{\partial x^j} - \dfrac{\partial g_{4j}}{\partial x^k}\right), \\ E_i = -\,\dfrac{\chi}{2\chi_0}\,\dfrac{(m_0)_e c^2}{e}\left(\dfrac{\partial g_{44}}{\partial x^i} - \dfrac{\partial g_{4i}}{\partial x^4} - \dfrac{1}{\chi}\,\dfrac{\partial \omega_{4i}}{\partial x^4}\right). \end{cases}$$

Corps sphérique en rotation sans aimantation permanente. — Dans ce cas, la partie statique des g_{4i} ($i=1, 2, 3$) est donnée par

$$(6)\qquad g_{4i} = 2\,\frac{K}{c^3\sqrt{-1}}\,\gamma M_{\text{rot}}\frac{1}{r^3}(u_j x_l - u_l x_j)$$

avec les notations utilisées dans des Notes antérieures ([3]). Pour la partie non statique g^*_{4i}, nous poserons simplement

$$(7)\qquad g^*_{4i} = h(r,\,x^4)\,\frac{\partial r}{\partial x^i} \qquad (i=1,\,2,\,3).$$

Par une opération de moyenne temporelle, on déduit facilement de ($5a$) le champ magnétique statique en tenant compte de (6) et (7)

$$(8)\qquad \vec{H} = M_{\text{magn}}\,\text{rot}\left[\vec{u}\times\nabla\left(\frac{1}{r}\right)\right],$$

$\vec{u}$ étant le vecteur unitaire de l'axe de rotation et

$$(9)\qquad M_{\text{magn}} = 2\,\frac{\xi}{\chi_0}\,\frac{(m_0)_e}{ec}\,K\gamma M_{\text{rot}},$$

ξ désignant la moyenne temporelle de χ. On retrouve ainsi l'importante relation entre le moment magnétique M_{magn} et le moment de rotation M_{rot} que nous avions déduite précédemment de notre théorie unitaire sans recourir aux équations de Codazzi et dont nous avons étudié les principales conséquences astrophysiques et géophysiques ([3]). Le fait que (9) provient des équations de Codazzi montre clairement le caractère fondamental de la création de magnétisme par la rotation (même sans charge électrique). Il montre de plus que la géométrisation de l'électromagnétisme doit effectivement être réalisée par la métrique externe de l'espace-temps.

En tenant compte de (7) et de la relation $G_i = -(c^2/2)\partial g_{44}/\partial x^i$ entre la force de gravitation et la métrique, un calcul facile ([1]) donne l'expression suivante pour le champ électrostatique $\vec{E}_{\text{st}}$ (moyenne temporelle de $5b$) :

$$(10)\qquad \vec{E}_{\text{st}} = \frac{\xi}{\chi_0}\,\frac{(m_0)_e}{e}\left(1 - \frac{\eta}{KM\xi}\right)\vec{G},$$

([3]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1813; *Ibid.*, 225, 1947, p. 924; *Ibid.*, 226, 1948, p. 645, 1298, 2126; *Gazeta de Mat.*, 34, 1947; *Ibid.*, 35, 1948.

η étant une constante déterminée par la fréquence des vibrations (très rapides) des g^*_{4i} ($i = 1, 2, 3$). On voit que tout astre (de masse M), par suite même de sa gravitation, engendre un champ électrostatique. Ce résultat explique, selon nous, le champ électrostatique moyen de la Terre et le maintien de sa charge. Il expliquerait aussi l'existence de champs électrostatiques très intenses sur certaines étoiles pouvant donner lieu à l'expulsion de rayons cosmiques.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la variance relativiste des mésons* π.
Note de M. **Bernard d'Espagnat**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait qu'il existe des arguments en faveur des quatre hypothèses suivantes : 1° le méson π est un au moins des mésons « nucléaires »; 2° le méson μ a le spin 1/2; 3° les interactions $\pi - \mu$ et π-nucléons sont directes; 4° l'interaction μ-nucléons a lieu par l'intermédiaire de π virtuels. Cet ensemble d'hypothèses forme un tout *cohérent* vis-à-vis des résultats expérimentaux lorsqu'en première approximation on raisonne sur les valeurs moyennes g et $\check{g}$ des constantes d'interaction π — nucléons et $\pi - \mu$; en effet, on peut alors interpréter *deux* données de l'expérience : la vie moyenne $\tau_{\pi,\mu}$ du méson π et la vie moyenne de capture du méson μ par les noyaux, par un choix convenable de la *seule* constante arbitraire $\check{g}$. La vérification est immédiate au moyen de la mesure récente $\tau_{\pi,\mu} = 1,1.10^{-8}$ sec [1] : la formule

$$(1)\qquad \frac{1}{\tau_{\pi,\mu}} = \frac{m_\pi c}{\hbar^2}\frac{\check{g}^2}{4\pi}(1 - r^2)^2; \qquad r = \frac{m_\mu}{m_\pi}$$

fournit

$$(2)\qquad \frac{\check{g}^2}{4\pi\hbar c} = 2,27.10^{-15};$$

avec la valeur moyenne admise pour g (forces nucléaires), on trouve alors

$$(3)\qquad g_\mu = \frac{g\check{g}}{k_0^2} = 1,6.10^{-49}; \qquad \left(k_0 = \frac{m_\pi c}{h}\right),$$

g_μ étant, en unités c. g. s., la constante du type de Fermi qui lie les mésons μ aux nucléons. Des calculs directs de MM. Tiomno et Wheeler [2] ayant d'autre part montré que la valeur de g_μ qui rend le mieux compte de la capture des μ est $\sim 10^{-49}$, on voit que l'accord est satisfaisant.

Tiomno et Wheeler ont fait remarquer d'autre part que $g_\mu = g_\beta$ dans les limites de précision de l'expérience et de leur théorie. Si l'on veut interpréter la radioactivité β comme un processus du second ordre, dû à des mésons

(1) Richardson, *Phys. Rev.*, 1er décembre 1948.
(2) *Rev. Mod. Phys.*, 1949 (manuscrits communiqués par M. Leprince-Ringuet).

nucléaires virtuels ayant en moyenne une interaction $\breve{g}_e$ avec les électrons-neutrinos, la formule connue (4) $g_\beta = g\breve{g}_e/k_0^2$, comparée à (3), donne alors $\breve{g}_e = \breve{g}$: mésons μ et électrons auraient ainsi la même interaction avec les nucléons d'une part, avec tout ou partie des mésons *nucléaires* d'autre part. Cette dernière remarque conduit naturellement à chercher quelles seraient les conséquences de l'hypothèse suivante : « les mésons nucléaires ont rigoureusement *les mêmes* constantes d'interaction avec les μ-neutrinos qu'avec les électrons-neutrinos ».

Désignons ici par π_{ps} un méson nucléaire pseudo-scalaire et par π_v un méson nucléaire vectoriel : on a pour les transitions $\pi - \mu$ et $\pi - e$ les vies moyennes ([3]) :

$$(5)\qquad \frac{1}{\tau_{\pi_{ps},\mu}} = \frac{m_\pi c}{\hbar^2}(\breve{f}_1 + r\breve{f}_2)^2(1-r^2)^2; \qquad \frac{1}{\tau_{\pi_{ps},e}} = \frac{m_\pi c}{\hbar^2}\left(\breve{f}_1 + \frac{m_e}{m_\pi}\breve{f}_2\right)^2,$$

$$(6)\qquad \frac{1}{\tau_{\pi_v,\mu}} = \frac{m_\pi c}{3\hbar^2}\left[\breve{g}_1^2(2+r^2) + \breve{g}_2^2(1+2r^2)\right](1-r^2)^2; \qquad \frac{1}{\tau_{\pi_v,e}} = \frac{m_\pi c}{3\hbar^2}\left[2\breve{g}_1^2 + \breve{g}_2^2\right].$$

On voit qu'étant donné $r = 1/1,32$ on a toujours $1/\tau_{\pi_v,\mu} < 1/\tau_{\pi_v,e}$ ([4]), un π vectoriel devrait donc toujours *se désintégrer en électron* plutôt qu'en méson μ ; par contre si l'on fait $\breve{f}_1 \ll \breve{f}_2$ (et déjà certains arguments tirés des spectres β sont en faveur de cette inégalité et de l'interaction du type Gamow-Teller qui en résulte) ([5]), on voit aussi que $1/\tau_{\pi_{ps},e} \ll 1/\tau_{\pi_{ps},\mu}$ conformément à l'expérience (pas d'électrons produits).

Ceci est un argument en faveur du π pseudo-scalaire ; il reste à examiner si la seule constante $\breve{f}_2 (\breve{f}_1 \sim 0)$ peut bien être choisie de façon à rendre compte en ordre de grandeur de la vie moyenne du π, de la capture du μ et de la radioactivité β.

Le premier point fixe $\breve{f}_2$: par comparaison de (1) et (5) on a en effet $\breve{f}_2 \sim \breve{g}$ (en fait $\breve{f}_2 = \breve{g}/r = 3.10^{-15}$). D'autre part l'interaction du second ordre la plus générale que puisse provoquer un π_{ps} est de la forme

$$g_{PV}(\vec{\sigma}_n\vec{\sigma}_l - \gamma_n^5\gamma_l^5) + g_{PS}(\beta_n\gamma_n^5\beta_l\gamma_l^5),$$

g_{PV} et g_{PS} étant deux constantes arbitraires, exprimables en fonction de f_1, f_2, $\breve{f}_2$: un calcul direct est possible moyennant certaines approximations, il donne $g_{PV} = (f_2\breve{f}_2/k_0^2)$ et $g_{PS} = 0$ si $\breve{f}_1 = 0$ ([6]). Comme dans ce cas on doit

([3]) Ces formules se déduisent très aisément des calculs développés par L. de Broglie : *De la Mécanique ondulatoire à la théorie du noyau*, II, p. 123.

([4]) *Cf.* avec d'autres hypothèses, MARTY et PRENTKI, *J. de Phys. et Rad.*, avril 1948.

([5]) *Cf.* ROSENFELD, *Nucl. Forces*, II, § 15, p. 35.

([6]) Conformément aux résultats de Rozental (*Danske Sels*, XVIII, 7, 1941).

avoir $g_{PV} \sim 2.10^{-49}$ aussi bien pour le μ que pour l'électron, nous constatons que les relations (3) et (4) sont numériquement satisfaites par $\check{f}_2$.

Récemment MM. Le Couteur et Rosenfeld ([7]) ont fait une transformation canonique de l'Hamiltonien total du système, grâce à laquelle la totalité de l'interaction devient en $g_{PS}\beta_n\gamma_n^5\beta_l\gamma_l^5$. La constante g_{PS}^e, évaluée à partir de f_1, f_2, $\check{f}_2$, se trouve alors être sensiblement 10^{-4} fois trop faible ([8]). Ces auteurs font cependant remarquer qu'il y a dans l'Hamiltonien une ambiguïté qu'on ne sait pas lever : de fait leur choix revient à prendre $\eta''=1$ dans l'Hamiltonien de Rozental, il est aussi naturel de prendre $\eta=\eta'=\eta''=\eta'''=0$ et l'on réintroduit ainsi, sans changer par cela $\tau_{\pi,\mu}$, les interactions en $\vec{\sigma}_n\,\vec{\sigma}_l$ et la relation, numériquement satisfaite, $g_{PV}=(f_2\check{f}_2/k_0^2)$ $(g_{PS}\ll g_{PV})$.

L'hypothèse des interactions identiques entre $\pi-\mu$ et $\pi-e$ nous semble donc éliminer le π vectoriel à cause de sa désintégration rapide en électrons $(\tau_{\pi,e}\lesssim\tau_{\pi,\mu})$, par contre l'image d'un π pseudo-scalaire ne nous paraît pas conduire de prime abord à des contradictions.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Cinématique opératorielle du corps solide rigide.* Note de Mlle **Jeannine Viard**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans un précédent travail ([1]) nous avons défini le corps solide rigide en mécanique ondulatoire par la condition que *par rapport à un trièdre relatif lié au mouvement du système de corpuscules considéré, les coordonnées de ces corpuscules sont des constantes.* Nous donnons ici les résultats de l'étude du mouvement du corps solide ainsi défini par rapport à un repère quelconque qui, dans le cas général, est lui-même un repère quantique (le mouvement par rapport au repère fondamental est un cas particulier du précédent).

Dans ce qui suit nous désignons les coordonnées des corpuscules du corps solide, relatives au repère T (origine O, vecteurs de base $\vec{e}_i$) qui lui est lié par $x_{d,i}$, $x_{g,i}$; celles relatives à un autre repère quantique quelconque T_1 (origine O_1, vecteurs de base $\vec{\varepsilon}_i$) par $y_{d,i}$, $y_{g,i}$.

2. *Mouvement de translation.* — Avec les notations adoptées on a pour un point M du corps

$$\overrightarrow{O_1M}=\overrightarrow{O_1O}+\sum x_{d,i}\vec{e}_i=\overrightarrow{O_1O}+\sum \vec{e}_i x_{g,i}.$$

([7]) *Phil. Mag.*, 40, 1949, p. 151.

([8]) Tiomno et Wheeler, *loc. cit.*, donnent tous les $g^e \sim 2.10^{-49}$, sauf $g_{PS}^e \sim 2.10^{-47}$.

([1]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1947.

Ce qui donne pour la vitesse de M relative à T_1

$$\vec{V}_{r,M,T_1} = \overrightarrow{O_1 O'}.$$

3. *Mouvement de rotation.* — Dans le cas de la rotation on a les formules de transformation suivantes :

$$\vec{e}_i = \sum_j \alpha_{d,ij}\vec{\varepsilon}_j = \sum_j \vec{\varepsilon}_j \alpha_{g,ij},$$

$$\vec{\varepsilon}_i = \sum \beta_{d,ij}\vec{e}_j = \sum_j \vec{e}_j \beta_{g,ij},$$

$$\sum_i x_{d,i}\vec{e}_i = \sum_i \vec{e}_i x_{g,i} = \sum_i y_{d,i}\vec{\varepsilon}_i = \sum_i \vec{\varepsilon}_i y_{g,i}.$$

Par définition on appelle vecteurs vitesses relatives droite et gauche de M par rapport au repère T_1, les vecteurs

$$\vec{V}_{r_d,M,T_1} = \sum_i \vec{y}'_{d,i}\vec{\varepsilon}_i, \qquad \vec{V}_{r_g,M,T_1} = \sum_i \vec{\varepsilon}_i y'_{g,i}.$$

Si l'on pose

$$\sum_j \alpha'_{d,kj}\beta_{d,ji} = \omega_{d,k}^{i},$$

il vient

$$\vec{V}_{r_d,M,T_1} = \sum_{ik} x_{d,k}\omega_{d,k}^{i}\vec{e}_i.$$

A partir des $\omega_{d,k}$, on définit des opérateurs p_d, q_d, r_d, en posant

$$p_d = \frac{1}{2}(\omega_{d,2}^{3} - \omega_{d,3}^{2}) \qquad \text{et les analogues.}$$

Dans ces conditions la vitesse relative droite de M par rapport à T_1 se met sous la forme

$$\vec{V}_{r_d,M,T_1} = (x_{d,3}q_d - x_{d,2}r_d)\vec{e}_1 + (x_{d,1}r_d - x_{d,3}p_d)\vec{e}_2 + (x_{d,2}p_d - x_{d,1}q_d)\vec{e}_3 + \sum_{jk} x_{d,j}B_{d,j}^{k}\vec{e}_k$$

avec

$$B_{d,j}^{k} = \frac{1}{2}(\omega_{d,j}^{k} + \omega_{d,k}^{j}), \qquad \text{(terme purement quantique).}$$

Pour la vitesse gauche on a une formule analogue.

4. *Mouvement hélicoidal.* — Les formules de transformation du mouvement

hélicoïdal sont :

$$\vec{e}_1 = \alpha_{d,11}\vec{\varepsilon}_1 + \alpha_{d,12}\vec{\varepsilon}_2 = \vec{\varepsilon}_1\alpha_{g,11} + \vec{\varepsilon}_2\alpha_{g,12},$$

$$\vec{e}_2 = \alpha_{d,21}\vec{\varepsilon}_1 + \alpha_{d,22}\vec{\varepsilon}_2 = \vec{\varepsilon}_1\alpha_{g,21} + \vec{\varepsilon}_2\alpha_{g,22},$$

$$\vec{e}_3 = \vec{\varepsilon}_3,$$

$$\overrightarrow{O_1O} = n\theta_d\vec{e}_3 = n\theta_d\vec{\varepsilon}_3 = \vec{e}_3 n\theta_g = \vec{\varepsilon}_3 n\theta_g, \qquad (n,\ \text{constante}).$$

On a alors

$$\vec{V}_{rd,M,T_1} = (-x_{d,2}r_d)\vec{e}_1 + (x_{d,1}r_d)\vec{e}_2 + x_{d,1}B_{d,1}^{2}\vec{e}_2 + x_{d,2}B_{d,2}^{1}\vec{e}_1 + n\theta'_d\vec{e}_3.$$

La vitesse relative droite de M par rapport à T_1 se décompose en une vitesse de translation droite le long de $\vec{e}_3$ (ou $\vec{\varepsilon}_3$) de grandeur $n\theta'_d$ et une vitesse de rotation droite autour du même axe.

5. *Mouvement général.* — Pour définir le mouvement du corps solide par rapport à T_1, il suffit de définir le mouvement du repère T par rapport à T_1. Pour cela nous partons des formules fondamentales suivantes :

$$\overrightarrow{O_1M} = \overrightarrow{O_1O} + \overrightarrow{OM} = \overrightarrow{O_1O} + \sum x_{d,i}\vec{e}_i = \overrightarrow{O_1O} + \sum \vec{e}_i x_{g,i},$$

$$\overrightarrow{O_1M'} = \overrightarrow{O_1O'} + \sum x_{d,i}\vec{e}'_i = \overrightarrow{O_1O'} + \sum \vec{e}'_i x_{g,i}.$$

On évalue les $\vec{e}'_i$ en fonction de leurs composantes sur les $\vec{e}_i$; un calcul assez long donne

$$\vec{e}'_i = \sum_j \omega_{d,i}^{j}\vec{e}_j,$$

d'où

$$\vec{V}_{rd,M,T_1} = \overrightarrow{O_1O'} + \sum_{ij} x_{d,i}\omega_{d,i}^{j}\vec{e}_j.$$

Si l'on se reporte aux résultats obtenus dans les cas particuliers précédents, on voit que :

THÉORÈME. — *La vitesse relative droite (ou gauche) par rapport à un repère quantique quelconque d'un point d'un corps solide rigide, est la résultante de la vitesse de translation d'un point lié au corps et d'une vitesse de rotation droite (ou gauche).*

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Méthode de mesure de la constante diélectrique et de l'absorption à* 3000 Mc/sec. Note de M. **Jean Le Bot**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. *La méthode employée* a été décrite pour la première fois par Roberts et von Hippel et utilisée depuis par quelques auteurs ([1]); nous avons réalisé pour $\lambda = 10^{cm}$ un montage dérivant de celui de von Hippel et utilisant comme ligne de mesure un guide d'onde standard excité en Ho 1.

Le principe de la méthode consiste à étudier le champ d'ondes stationnaires produit dans un guide d'onde rempli en son extrémité d'une épaissseur l du diélectrique étudié placé au contact d'un court-circuit métallique. L'ensemble du montage peut être amené à la résonance en disposant des éléments d'adaptation convenables ou, au contraire, être rendu systématiquement anti-résonnant en plaçant des éléments de découplage entre la source et la partie du guide servant à la mesure; nous avons préféré ce second dispositif.

On peut relier la constante de propagation $\gamma = \alpha + j\beta$ dans le guide rempli du diélectrique étudié, aux quantités mesurées : x_0 distance du premier minimum à la surface du diélectrique et E_{min}/E_{max} taux d'ondes stationnaires; pour cela, il suffit d'écrire, dans un système d'axes convenable, les composantes de l'onde Ho 1 incidente, de l'onde réfléchie sur le diélectrique et de toutes les ondes qui, ayant pénétré dans le diélectrique ont subi 1, 2, 3, ... réflexions à l'intérieur de la substance : en sommant toutes ces projections, on obtient les composantes de l'onde stationnaire; on en tire

$$\text{(I)} \qquad \frac{\text{th}\,\gamma l}{\gamma l} = \frac{\lambda g}{j 2\pi l} \frac{\dfrac{E_{min}}{E_{max}} - j\,\text{tg}\dfrac{2\pi x_0}{\lambda g}}{1 - j\dfrac{E_{min}}{E_{max}}\,\text{tg}\dfrac{2\pi x_0}{\lambda g}},$$

λg étant la longueur d'onde dans le guide.

On arriverait à la même formule en appliquant au guide la théorie des lignes et en cherchant l'impédance d'entrée de la ligne de longueur l court-circuitée à son extrémité et remplie de diélectrique.

Signalons qu'on peut utiliser, au lieu de x_0, la quantité Δ, rapprochement d'un minimum quelconque lorsqu'on remplit la cuve ([1]). On a alors

$$\text{(II)} \qquad \frac{\text{th}\,\gamma l}{\gamma l} = \frac{\lambda g}{j 2\pi l} \frac{\dfrac{E\,min}{E\,max} + j\,\text{tg}\dfrac{2\pi\Delta}{\lambda g}}{1 + j\dfrac{E\,min}{E\,max}\,\text{tg}\dfrac{2\pi\Delta}{\lambda g}},$$

([1]) S. Roberts et A. von Hippel, *J. Appl. Phys.*, 17, 1946, p. 610; F. J. Cripwell et G. B. B. M. Sutherland, *Trans. Far. Soc.*, 42, 1946, p. 149; T. W. Dakin et C. N. Works, *J. Appl. Phys.*, 18, 1947, p. 789; C. G. Montgomery, *Technique of Microwave measurement*, 1947, p. 628.

l'emploi de la formule (II) est particulièrement avantageux lorsqu'on est obligé d'intercaler une certaine longueur de guide entre la cuve et le mesureur d'ondes stationnaires, comme nous avons dû le faire par exemple pour étudier les diélectriques à basse température.

Connaissant α et β on obtient ε' et ε'' en écrivant l'expression de la constante de propagation dans un guide H01

$$\gamma = \alpha + j\beta = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\frac{\lambda^2}{\lambda_c^2} - \bar{\varepsilon}},$$

où $\lambda =$ longueur d'onde air, λ_c longueur d'onde de coupure; on a alors

$$\varepsilon' = \frac{\lambda^2}{\lambda_c^2} + \frac{\lambda^2}{4\pi^2}(\beta^2 - \alpha^2), \qquad \varepsilon'' = \alpha\beta\frac{\lambda^2}{2\pi^2},$$

la résolution des équations (I) et (II) est extrêmement pénible par approximations successives; nous avons préféré construire par points un abaque de $\text{th}\,Z/z = Z'$ permettant un calcul rapide dans les deux régions du plan complexe limitées par les points

$\bar{\varepsilon}_1 = 17 - j11$ $\quad\bar{\varepsilon}_2 = 28 - j8,5$ $\quad\bar{\varepsilon}_3 = 25,5 - j5,7,$

$\bar{\varepsilon}_1 = 3,70 - j0,000,$ $\quad\bar{\varepsilon}_2 = 3,22 - j0,000,$ $\quad\bar{\varepsilon}_3 = 3,70 - j0,200,$ $\quad\bar{\varepsilon}_n = 3,22 - j0,200$

régions correspondant aux mesures que nous avons faites. Lorsque $\text{tg}^2\delta \neq 0$, on peut simplifier considérablement (I) ou (II); diverses formules d'approximation ont été étudiées; nous avons souvent utilisé celles indiquées par Dakin et Works [1].

II. *La réalisation pratique* est la suivante : le tube émetteur est un klystron réflex Kr 117 alimenté par un montage stabilisateur électronique; nous avons trouvé avantageux d'envoyer sur le klystron un courant d'air énergique afin de diminuer la dérive de fréquence; le guide est excité en H01 à partir du câble coaxial de sortie du klystron avec les éléments classiques d'adaptation. Le découplage est obtenu par un atténuateur fixe d'environ 15 db constitué par un double coin en bois intercalé dans le guide et par un atténuateur variable du type *flap* constitué par une bande de carton graphité; ce système de découplage est préférable au découplage par cornets que nous avons dû abandonner. Un mesureur d'ondes stationnaires permet de pointer la position des minima avec une précision de 1/20 de millimètre; nous avons réglé l'enfoncement de la sonde pour que le courant rectifié par le cristal et mesuré au galvanomètre ne dépasse jamais 1 μA; nous avons alors vérifié, en traçant des courbes d'ondes stationnaires que la présence de la sonde ne perturbait pas la mesure. La cuve est constituée par une petite portion de guide de longueur e connue à 1/100 de millimètre près et fermée d'un côté par une très mince feuille de mica, de l'autre par une paroi métallique; nous avons obtenu l'étanchéité par un léger graissage à la graisse silicone. La cuve est séparée du mesureur par une

longueur de 25^{cm} de guide et plonge dans un thermostat. Pour éviter le givrage sur la fenêtre de mica lorsqu'on opère à basse température, on souffle de l'air comprimé sec par deux tuyères ménagées convenablement dans la paroi du guide.

Nous nous proposons d'exposer dans une prochaine Note divers résultats obtenus à l'aide de ce montage.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Influence de l'indice de réfraction sur les émissions radioélectriques d'un milieu ionisé.* Note (*) de M. **Jean-F. Denisse**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'interprétation des émissions radioélectriques extra-terrestres conduit à calculer l'énergie rayonnée sur grandes longueurs d'onde par des milieux ionisés étendus, analogues à la couronne solaire.

Les travaux qui ont été faits dans ce sens négligent ([1]), ([2]), ([3]) ou traitent d'une manière incorrecte ([4]), ([5]) le fait que l'indice de réfraction du milieu émissif peut être dans certains cas largement différent de l'unité.

En l'absence de champs macroscopiques, électriques ou magnétiques, le rayonnement sur grandes longueurs d'onde d'un milieu ionisé est dû principalement aux émissions par transitions *libre-libre* qui se produisent quand un électron se trouve dévié dans le champ d'un ion. D'un calcul classique de Kramers ([6]) on peut déduire ([7]) un coefficient d'émission j : puissance rayonnée sur la fréquence ν, par 1^{cm^3} du milieu, dans l'angle solide-unité et sur une bande de fréquence de largeur-unité

$$j = \frac{32\pi}{3} N_e N_i \frac{Z^2 e^6}{c^3} \frac{KT}{(2\pi m KT)^{\frac{3}{2}}} \log_e \frac{2KT}{\xi e^2 (N_i + N_e)^{\frac{1}{3}}},$$

où N_e et N_i sont les densités électroniques et ioniques, T est la température cinétique des particules, Ze, la charge de l'ion et $\log_e \xi = 0{,}577$.

A cette émission correspond une absorption dont le coefficient $\varkappa$ peut être calculé par le principe de Kirchhoff

$$\varkappa = j \frac{4\pi}{c\rho},$$

où $\rho = (8\pi\nu^2/c^3) KT$ est la densité d'énergie du corps noir.

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) A. Unsöld, *Naturwissenschaften*, 7, 1947, p. 194.

([2]) M. Waldmeier, *Experiencia*, 4, 1948, p. 1.

([3]) J. F. Denisse, *Ann. d'Astrophysique*, 10, 1947, p. 1.

([4]) D. F. Martyn, *Proc. Roy. Soc.*, 193, 1948, p. 44.

([5]) M. Ryle, *Proc. Roy. Soc.*, 195, 1948, p. 82.

([6]) H. A. Kramers, *Phil. Mag.*, 46, 1923, p. 836.

([7]) J. F. Denisse, *Thèse de Physique*, Paris, 1949.

Ce coefficient $\varkappa$ est identique au coefficient d'absorption classique calculé par Lorentz ([8]) et utilisé par exemple dans les calculs ionosphériques. L'émission *libre-libre* calculée par Kramers et l'absorption de Lorentz ne sont en réalité que deux aspects d'un même phénomène ([7]).

Les formules précédentes valables lorsque l'indice de réfraction μ est égal à l'unité (cas de l'optique), se modifient lorsque μ est différent de 1.

Le calcul de j s'effectue en décomposant en intégrales de Fourier l'énergie émise au cours d'un choc électron-ion. Ceci revient à considérer le rayonnement total comme émis par un ensemble d'oscillateurs élémentaires; il est alors normal de penser que chaque oscillateur se comporte comme un dipôle classique, c'est-à-dire rayonne une puissance j' proportionnelle à l'indice du milieu qui l'entoure. On est donc conduit à poser

$$\boxed{j' = \mu j.}$$

Cette hypothèse satisfait d'autre part au principe de Kirchhoff. En effet, dans un milieu d'indice μ, le calcul de Lorentz ([8]) montre que le coefficient d'absorption $\varkappa'$ peut s'écrire : $\varkappa' = \varkappa/\mu$. La densité d'énergie du rayonnement en équilibre avec le milieu à la température T est égale à

$$\rho' = \frac{8\pi\nu^2 \mathrm{KT}}{u' v^2} = \rho \frac{c}{u'}\mu^2, \quad ([9])$$

où u' est la vitesse de propagation de l'énergie et $v = c/\mu$ est la vitesse de la phase.

La condition d'équilibre s'écrira pour $\mu \neq 1$

$$j' = \varkappa' u' \frac{\rho'}{4\pi} = \varkappa c \frac{\rho}{4\pi}\mu,$$

d'où il résulte bien

$$j' = \mu j.$$

Cette formule conduit à remplacer dans le calcul de l'émission le long d'un trajet AB, l'épaisseur optique $\tau = \int_{\mathrm{AB}} \varkappa' ds$ généralement utilisée par $\tau' = \int_{\mathrm{AB}} \mu^2 \varkappa' ds$.

Pour la couronne solaire, par exemple, l'usage de τ' conduit, pour des ondes relativement longues, à des brillances qui peuvent être cinq fois plus faibles que celles qui sont calculées à partir de τ.

D'autre part le niveau effectivement observé sur une fréquence ν donnée, correspond à un maximum de l'émission $\mu^2\varkappa'$ et non à un maximum de

([8]) H. A. Lorentz, *Théorie des électrons*.

([9]) L. Brillouin, *Statistiques quantiques*.

l'absorption $\varkappa'$ comme on l'avait pensé généralement ([4]), ([5]). En particulier, en un point où la fréquence de l'onde est voisine de la fréquence critique du milieu ($\mu \sim 0$), l'absorption $\varkappa'$ est infinie, alors que l'émission $\mu^2\varkappa'$ est nulle.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude de la propagation d'une onde électromagnétique en présence de deux faisceaux électroniques de vitesses voisines.* Note de M. **Pierre Lapostolle**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai étudié ([1]) sur divers modèles les ondes électromagnétiques susceptibles de se propager dans une ligne en interaction avec un faisceau électronique.

De cette étude il résulte que :

a. Même si la vitesse de propagation des ondes dans la ligne en l'absence de faisceau est très différente de celle des électrons, il existe une infinité d'ondes, dont la vitesse est voisine de celle des électrons, qui peuvent se propager lorsque le faisceau est émis.

b. Si la vitesse de propagation des ondes dans la ligne est voisine de celle du faisceau, un phénomène d'amplification prend naissance, grâce à l'existence d'une onde se propageant avec une croissance exponentielle.

Je me propose d'étudier un dispositif constitué d'une ligne où la vitesse de propagation est quelconque et de deux faisceaux d'électrons concentriques de rayons R_0 et r_0 et de vitesses voisines : l'un des faisceaux, par exemple le faisceau extérieur, permet la propagation d'ondes dont la vitesse est voisine de celle de ses électrons; l'autre faisceau, étant envoyé à la vitesse d'une des ondes précédentes, provoque l'apparition d'une onde à croissance exponentielle.

I. *Faisceau extérieur.* — Je suppose que la vitesse et la densité électronique, compte tenu de l'interaction, diffèrent peu de $\vec{v}_{01}$ et ρ_{01}. On peut alors chercher en coordonnées cylindriques (r, θ, z) des solutions du type

$$\vec{v}_{01} + \vec{v}_1(r)\, e^{j\omega t + kz}, \quad \rho_{01} + \rho_1(r)\, e^{j\omega t + kz}.$$

En présence d'un champ magnétique focalisateur assez intense, on a alors, pour une onde à symétrie de révolution,

$$(1)\quad \begin{cases} Y_{E1}(r) = \dfrac{2}{j\omega\varepsilon_0 r}\dfrac{H_\theta}{E_z} = 2\dfrac{s_1+1}{h_1 r}\dfrac{J_1(h_1 r) + \lambda N_1(h_1 r)}{J_0(h_1 r) + \lambda N_0(h_1 r)}, \\ \text{où}\quad h_1^2 = k^2\left(1 + \dfrac{\omega^2}{k^2 c^2}\right)(1 + s_1) \quad \text{avec}\quad s_1 = \dfrac{4\rho_{01}}{R_0^2}\dfrac{e}{m}\dfrac{\mu_0 c^2}{v_{01}^2 \gamma_1^2} \quad \text{et}\quad \gamma_1 = k + j\dfrac{\omega}{v_{01}}, \end{cases}$$

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 104, 268, 558, 814, et **227**, 1948, p. 338; Thèse de doctorat ès Sciences physiques, Paris, 1947; *Annales des Télécommunications*, **3**, 1948, p. 57, 85.

e et m charge et masse de l'électron, ε_0, μ_0 constante diélectrique et perméabilité du vide, c vitesse de la lumière; λ est une constante arbitraire.

II. *Faisceau extérieur.* — Moyennant les mêmes hypothèses, on a

$$(2)\quad \left\{ \begin{array}{ll} Y_{E2}(r) = 2\dfrac{s_2+1}{\eta_2 r}\dfrac{I_1(\eta_2 r)}{I_0(\eta_2 r)} & \text{où} \quad \eta_2^2 = -k^2\left(1+\dfrac{\omega^2}{k^2c^2}\right)(1+s_2) \\ \text{avec} \quad s_2 = \dfrac{4\rho_{02}}{r_0^2}\dfrac{e}{m}\dfrac{\mu_0 c^2}{v_{02}^2\gamma_2^2} & \text{et} \quad \gamma_2 = k + j\dfrac{\omega}{v_{02}}. \end{array} \right.$$

III. *Conditions aux limites.* — Aux surfaces de contact des différents milieux, les coefficients Y_E se raccordent. La condition en R_0 donne λ.

On en déduit les vitesses d'onde propres du système, en l'absence du faisceau intérieur. Prenant pour vitesse v_{02} l'une des vitesses précédentes, et plus précisément l'une des deux vitesses qui diffèrent le plus de v_{01}, on peut calculer γ_2 en utilisant la condition de raccord en r_0.

IV. *Résultats.* — On suppose pour simplifier que la ligne extérieure n'a pas de vitesse d'onde propre voisine de v_{01} (guide à la coupure), $Y_E(R_0)$ est alors très grand. En outre on prendra $R_0 \gg r_0$, $\omega R_0 \gg v_{01}$.

Désignant par γ' la partie réelle de γ_2, on a, pour les ondes amplifiées,

1° Si

$$\omega r_0 \ll v_{02} \qquad \text{et} \qquad \rho_{02} \ll 4,3\left(\frac{v_{01}}{\omega R_0}\right)^2\left(\frac{v_{02}}{\omega r_0}\right)^4\rho_{01},$$

$$(3)\qquad \gamma' = \frac{3,6}{v_{02}}\left(\frac{r_0}{R_0}\right)^{\frac{2}{3}}\left[(\rho_{02}^2\rho_{01})^{\frac{1}{3}}\frac{e}{m}\mu_0 c^2\right]^{\frac{1}{2}};$$

2° Si

$$\omega r_0 \gg v_{02} \qquad \text{et} \qquad \rho_{02} \ll 4,3\left(\frac{v_{01}}{\omega R_0}\right)^2\rho_{01},$$

$$(4)\qquad \gamma' = \frac{3,6}{v_{02}}\left(\frac{v_{02}}{\omega R_0}\,\frac{r_0}{R_0}\right)^{\frac{1}{3}}\left[(\rho_{02}^2\rho_{01})^{\frac{1}{3}}\frac{e}{m}\mu_0 c^2\right]^{\frac{1}{2}}.$$

3° Si ρ_{02} est supérieur aux limites précédentes

$$(5)\qquad \gamma' = \frac{4,8}{v_{02}}\left(\frac{v_{02}}{\omega R_0}\,\frac{r_0}{R_0}\right)^{\frac{1}{2}}\left[(\rho_{02}\rho_{01})^{\frac{1}{2}}\frac{e}{m}\mu_0 c^2\right]^{\frac{1}{2}}.$$

V. *Comparaison à un modèle différent.* — On peut étudier aussi un dispositif semblable où les deux faisceaux sont envoyés non plus côte à côte, mais mélangés [2]. Dans les mêmes hypothèses que précédemment, on a alors, si $\rho_{01} = \rho_{02} = \rho_0$,

$$(6)\qquad \gamma' = \frac{1,8}{v_0}\left[\rho_0\frac{e}{m}\mu_0 c^2\right]^{\frac{1}{2}},$$

où v_0 est la moyenne des deux vitesses v_{01} et v_{02}.

---

[2] HEFF, *Proceedings of the I. R. E.*, 37, 1949, p. 4.

EFFET RAMAN. — *Interprétation des spectres de basse fréquence des phosphates monoammonique et monopotassique.* Note (*) de M. **Jean Chapelle**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. *Formules donnant les fréquences de translation de ces deux cristaux.* — Lorsqu'on utilise les constantes k définies dans une précédente Note ([1]), on trouve

Type B 1 $$\left(2M\omega^2 - \frac{k_1 c^2}{\rho^2} - \frac{k_4 c^2}{2\rho^2} - 4k_3\right)\left(2m\omega^2 - \frac{k_5 c^2}{\rho^2} - \frac{k_4 c^2}{2\rho^2} - 4k_3\right) = \left(\frac{k_4 c^2}{2\rho^2} - 4k_3\right)^2;$$

Type B 2 $$\omega^2 = \left[\frac{1}{2\mu}\right]\left[\frac{k_4 c^2}{2\rho^2} + 4k_3\right];$$

Type E $$\omega^2 = \left[\frac{1}{\mu}\right]\left[\frac{k_4 a^2}{2\rho^2} + 2k_2\right]$$

$$\left(M\omega^2 - \frac{k_1 a^2}{\rho^2} - \frac{k_4 a^2}{2\rho^2} - 4k_3\right)\left(m\omega^2 - \frac{k_5 a^2}{\rho^2} - \frac{k_4 a_2}{2\rho^2} - 4k_3\right) = \left(\frac{k_4 a^2}{2\rho^2} - 2k_2\right)^2,$$

avec M = masse de l'ion PO_4H_2. m = masse de l'ion K ou NH_4 $1/\mu = (1/m) + (1/M)$, $\rho^2 = (a^2/4) + (c^2/16)$.

II. *Calcul des constantes de liaison dans* $PO_4H_2(NH_4)$. — Le spectre expérimental fournit une fréquence de type B 1 à 176 cm⁻¹ qui ne peut être attribuée qu'à une translation. On a ainsi la relation supplémentaire nécessaire pour déterminer toutes les constantes de liaison. On trouve

$$k_1 = 2,3.10^4 \text{ C.G.S}, \quad k_2 = 0,22.10^4, \quad k_3 = 0,82.10^4, \quad k_4 = 1,52.10^4, \quad k_5 = 0,24.10^4.$$

La précision est faible, de l'ordre du 1/10.

III. *Interprétation des résultats.* — Le tableau suivant indique le spectre de translation théorique de $PO_4H_2(NH_4)$, les spectres expérimentaux de basse fréquence des deux cristaux examinés :

Spectre de translation théorique de $PO_4H_2NH_4$.		Spectre de basse fréquence de $PO_4H_2(NH_4)$.			Spectre de basse fréquence de PO_4H_2K.		
Fréquence en cm⁻¹.	Type.	Fréquence en cm⁻¹.	Intensité.	Type.	Fréquence en cm⁻¹.	Int.	Type.
–	–	68	F	E	95	F	E
–	–	97	*f*	E	118	*f*	E
104	B_1	–	–	–	–	–	–
126	E	126	*ff*	E	–	–	–
176	B_1				–	–	–
179	B_2	173 ± 10	F	E	–	–	–
179	E	176	*m*	$B_1 + (B_2?)$	–	–	–
202	E	–	–	–	–	–	–
(126 + 179 = 305)	(E)	280 ± 60	*f*	E	–	–	–

(*) Séance du 7 février 1949.

([1]) J. Chapelle, *Comptes rendus*, 228, 1944, p. 648.

Ce tableau met en évidence deux raies, qui, pour chaque cristal, sont attribuables aux pivotements de l'ion PO_4H_2.

IV. *Fréquences de pivotement de l'ion* PO_4H_2. — Les seules fréquences actives dans l'effet Raman sont les pivotements autour d'axes perpendiculaires à l'axe quaternaire. Il en résulte un mouvement de précession autour de cet axe; le couplage des mouvements des deux ions du motif cristallin doit fournir les deux fréquences observées.

On peut séparer des forces interioniques, celles qui s'exercent entre ions PO_4H_2 voisins, et qui sont les causes prédominantes du couplage des ions. L'énergie potentielle qui y correspond est de la forme $U=(1/2)k\Sigma\Delta r^2$, Δr représentant la variation de longueur qui lie deux points homologues de deux groupements PO_4H_2 voisins. Nous prendrons comme points homologues les deux atomes d'oxygène situés aux extrémités d'une liaison hydrogène. Les fréquences de pivotement sont alors données par les formules

$$\omega_1^2=\frac{C+\frac{4k}{l^2}A^2}{I},\qquad \omega_2^2=\frac{C+\frac{4k}{l^2}B^2}{I},$$

avec $C=$ const. du couple des forces de rappel qui n'interviennent pas dans le couplage

$$l^2=\frac{a^2}{4}+\frac{c^2}{16}.$$

$I=$ moment d'inertie de l'ion, $A=(2x-a/2)z+[(c/4)-2z]x$, $B=[(c/4)-2z]y$, x, y, z étant les coordonnées d'un atome d'oxygène qui entoure l'origine

$$\omega_2^1-\omega_2^2=\frac{4k}{l^2}\,\frac{A^2-B^2}{I}.$$

On peut admettre que k a la même valeur pour les deux cristaux. On a alors

$$\frac{(\omega_1^2-\omega_2^2)_{PO_4H_2K}}{(\omega_1^2-\omega_2^2)_{PO_4H_2NH_4}}=\frac{(A^2-B^2)_{PO_4H_2K}}{(A^2-B^2)_{PO_4H_2(NH_4)}}=1,04,$$

expérimentalement on trouve un rapport égal à $1,03\pm0,15$ et $k=(0,78\pm0,14)\,10^4$ c. g. s.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la chaleur et de quelques oxydants sur les* N-*benzyl-aryl-thiamides*. Note (*) de M. **Roger Boudet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les N-benzyl-aryl-thiamides résistent parfaitement à un chauffage modéré. Si la température n'excède à aucun moment 250°, nulle décomposition n'est

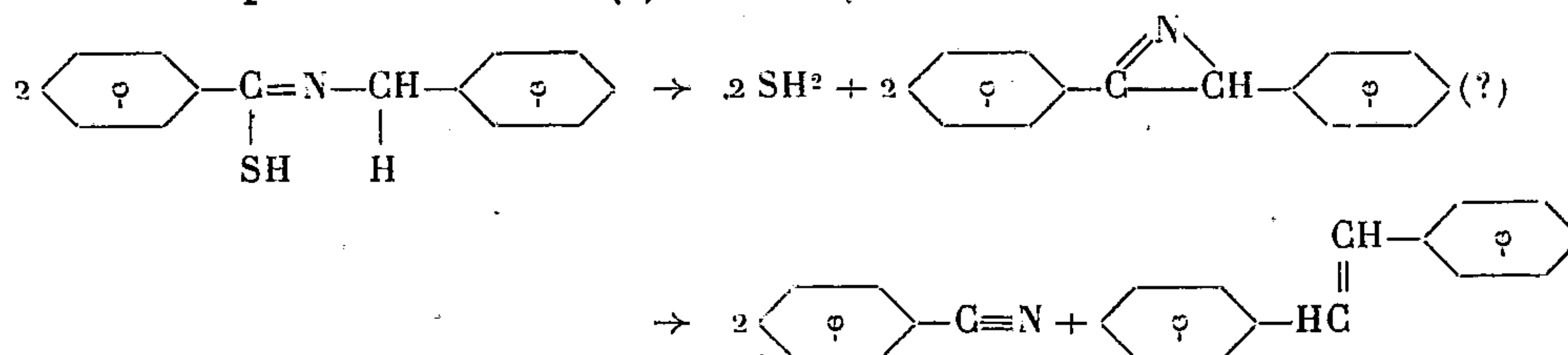
(*) Séance du 14 février 1949.

perceptible, même après plusieurs heures. Une chauffe énergique, par contre, ne respecte pas leurs molécules et en provoque, dès 400°, la destruction. Il se forme alors, aux dépens du thiamide initial, des molécules organiques plus légères, parmi lesquelles on note la présence constante d'un nitrile aromatique et de transdiphényl-1.2 éthène (stilbène); en même temps s'observe un dégagement important d'hydrogène sulfuré.

La réaction qui mène à ces divers produits peut être considérée comme le résultat d'une dislocation progressive de la molécule-mère, sous l'action combinée de la chaleur et de l'atome de soufre intramoléculaire : une molécule d'hydrogène sulfuré serait d'abord éliminée, entraînant la scission de l'édifice entre l'atome d'azote et ce qui fut le groupement méthylénique; des deux tronçons nés de cette rupture, l'un se réarrange alors en un nitrile aromatique, l'autre, s'unissant à un radical semblable issu d'une deuxième molécule de thiamide, donne naissance au stilbène.

Des essais de dégradation suivis de déterminations quantitatives des produits formés sont en parfait accord avec cette interprétation : 90 % du thiamide se retrouvent, en définitive, sous forme de nitrile, stilbène et hydrogène sulfuré, et les proportions mutuelles dans lesquelles s'isolent ces divers produits correspondent aux valeurs attendues. Il reste, comme résidu, une masse charbonneuse peu abondante, dont nul produit défini ne peut être extrait.

Il est donc possible d'écrire ([1])



Soumis à l'action d'une température élevée, tous les N-benzyl-aryl-thiamides connus ([2]) se sont, à l'exception du N-benzyl-nitro-4 benzthiamide, comportés de la même manière. Ils ont donné lieu à la production des composés qui suivent :

N-benzyl-benzthiamide : benzonitrile et stilbène.

N-benzylchloro-2 benzthiamide : chloro-2 benzonitrile et stilbène.

N-benzylméthoxy-4 benzthiamide : méthoxy-4 benzonitrile et stilbène.

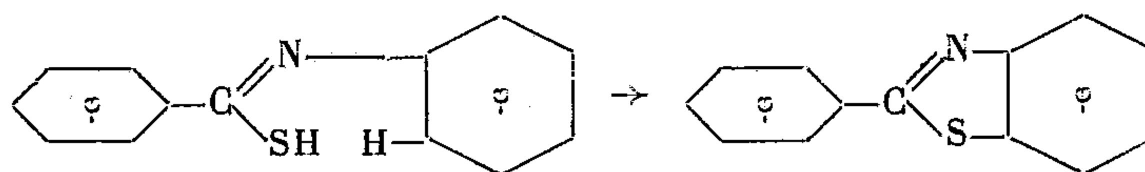
N-benzylméthyl-4 benzthiamide : méthyl-4 benzonitrile et stilbène.

([1]) Parallèlement à cette réaction principale, une réaction secondaire donne lieu à formation — en quantité minime — d'un produit sulfuré à caractère acide encore non identifié.

([2]) R. Rambaud et R. Boudet, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1946, 13 p. 463 et mémoire en cours de publication (*Bull. Soc. Chim.*).

Le thiamide nitré, comme il était à craindre, se décompose de façon violente, même lorsque sa chauffe est conduite très progressivement. Un distillat infime peut seul être recueilli. Il est néanmoins possible d'y prouver indiscutablement la présence de stilbène — sinon celle du nitrile nitro-4 benzoïque.

On ne peut manquer de souligner la divergence profonde entre les manières dont se comportent, vis-à-vis de la chaleur, les N-benzyl-aryl-thiamides et leurs homologues inférieurs : les N-phénylarylthiamides (arylthioanilides). Pour ces derniers, la déshydrogénation, qui s'observe également à température élevée, s'effectue à la faveur d'une participation de l'oxygène atmosphérique et le soufre intramoléculaire n'y prend aucune part. Elle conduit à un benzothiazole :



Pour les premiers, au contraire, l'oxygène n'intervient à aucun moment : la réaction observée se déroule de la même manière, qu'on la réalise dans l'air ou dans le vide. Toutes tentatives d'en modifier l'orientation par présence d'alcali (la potasse caustique favorise parfois l'oxydation des molécules par l'air), à une température inférieure à celle où débute le dégagement de SH^2, ont échoué.

L'action d'oxydants, à froid, sur les N-benzylthiamides se montre tout aussi incapable de réaliser une cyclisation du genre de celle dont les thioanilides sont le siège dans des conditions analogues : les solutions de ferricyanures restent inertes en présence de N-benzylthiamides; l'emploi successif de solutions de brome puis de bisulfite alcalin se borne à transformer les benzylthiamides en benzylamides correspondants : il substitue simplement O à S dans la molécule.

Il faut très certainement attribuer l'orientation toute particulière des réactions présentées par les N-benzylthiamides à la présence du groupe méthylénique, spécialement actif, qu'offre leur molécule.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du* calcaire pisolithique *de Vigny*. Note de MM. **René Abrard**, **Raymond Furon**, **Pierre Marie** et **Robert Soyer**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans notre Note consacrée au calcaire pisolithique de Vigny [1], nous n'avons pas entendu discuter de l'âge du gisement, mais seulement montrer que l'observation sur le terrain s'oppose catégoriquement à le considérer comme un faciès de la craie. Les arguments paléontologiques n'ont été invoqués que

---

[1] *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 189-190.

pour dire que le dépôt ne pouvait être placé plus bas que le Danien-Montien ; ce terme a été employé dans le sens de P. Lemoine (1937) et signifie que le pisolithique de Vigny ne peut être abaissé jusque dans le Maestrichtien.

Ces deux conclusions apparaissent comme singulièrement renforcées par la sérieuse étude des Mollusques, Lamellibranches et Gastropodes, effectuée par A. Chavan (²).

Sur 48 espèces, 30 sont inédites, ce qui indique un renouvellement de faune très important. 9 se trouvent uniquement dans le calcaire de Mons, 3 dans le calcaire de Mons et le tuffeau de Ciply, 4 dans le tuffeau de Ciply, 2 dans le tuffeau de Ciply et le Maestrichtien. Or, le tuffeau de Ciply est considéré comme Montien par l'unanimité des géologues belges y compris par Vincent (1930) qui en a décrit la faune, et par la plupart des auteurs (Haug, Gignoux, Leriche, Cossmann, Dollfus, Lambert, etc.). Il en résulte que sur les 18 espèces citées, toutes se retrouvent dans le Montien, 9 n'étant connues que du calcaire de Mons et 2 provenant du Maestrichtien. On ne peut faire état de *Lima tecta*, *Chlamys cicatrisata* et *Neithea regularis*, tant qu'on ne les aura pas effectivement trouvées à Vigny.

Il y a, il est vrai, des formes de caractère archaïque, mais ceci est bien normal dans une assise de passage, et rentre dans le cadre des formes triasiques qui persistent dans le Lias inférieur ou de la colonie d'Échinides crétacés dans le Garumnien supérieur (Montien) des Petites-Pyrénées. Il faut, en revanche, noter l'apparition de Cérithidés à affinités tertiaires et notamment du genre *Benoistia* avec sa plus ancienne espèce.

Si les Polypiers, d'après J. Alloiteau, doivent être rapprochés de formes crétacées, par contre les Lithothamniées, si abondantes et si caractéristiques du gisement et très bien conservées, s'en éloignent. *Aucune des espèces maestrichtiennes ne rappelle les espèces du calcaire pisolithique*, écrit Mme P. Lemoine (1937).

En ce qui concerne les Foraminifères, un fait nouveau est la découverte par l'un de nous (P. M.) dans les niveaux moyen et supérieur de la carrière de Vigny, d'une quinzaine d'espèces (*Discorbis corrugata* Cush., *Elphidiella prima* Ten Dam, *Valvulina triangularis* d'Orb. etc.), *toutes exclusivement tertiaires*, sauf *Rotalia trochidiformis* dont de très rares exemplaires apparaissent dans le Maestrichtien terminal. Toutes ces formes se trouvent dans le tuffeau de Ciply et le calcaire de Mons, ainsi que dans le calcaire pisolithique des gisements du type Meudon; aucune ne rappelle les espèces de la craie encaissante.

Quant à *Goniopygus minor*, il ne peut être invoqué pour vieillir Vigny par rapport à Mons ou à Meudon, puisqu'il se trouve en ces trois points.

En examinant la faune de Vigny dans son ensemble, on voit que les formes

(²) *Ibid.*, p. 494-496.

attardées trouvent leur contrepoids dans des formes d'affinités tertiaires, auxquelles, suivant la règle généralement adoptée, on donnerait la priorité pour placer le gisement dans le Montien, n'était la présence à la base du gisement d'*Hercoglossa danica* qui, en Europe, n'a été rencontré que dans le Danien. Il semble donc que l'on peut placer la partie inférieure de Vigny un peu au-dessous du tuffeau de Ciply, mais il paraît exclu d'en faire du Danien inférieur ou du Maestrichtien supérieur, conclusion renforcée par l'absence des Orbitoïdes, des Ammonoïdés et des Rudistes.

Pour être complet, il faut dire que la faune de Mollusques de Vigny n'a aucun rapport avec celle de la craie supérieure durcie de Meudon, ni avec celle littorale des sables campaniens de Vaals.

Par ailleurs, même en minimisant au maximum les différences climatiques fondamentales dénotées par les faunes de Vigny et de la craie qui sont entièrement contrastantes, compte tenu des faciès différents, on ne peut éviter de constater que la première est chaude avec apports mésogéens (Algues Codiacées, grands Cérithes, genres *Cypræa* et *Voluta*, etc.) et la deuxième tempérée septentrionale malgré quelques exemplaires égarés de formes méditerranéennes.

La craie supérieure de Vigny, inférieure à celle de Meudon, correspond à la base de la craie à *Magas pumilus ;* c'est, au plus, du Campanien supérieur. A Montainville, autre gisement de pisolithique adossé à la craie, celle-ci se situe vers la limite Campanien moyen-Campanien inférieur. Même si l'on admettait pour le pisolithique de ces gisements adossés un âge danien inférieur, ou maestrichtien terminal, il ne saurait être question de les considérer comme un faciès de la craie encaissante. Pour être en place, la craie soi-disant intercalée dans le calcaire pisolithique, ou supérieure à lui, devrait renfermer une faune danienne ou montienne.

Le calcaire de Vigny se relie au pisolithique incontestablement montien de Meudon, par des formes telles que, notamment, *Uteria Brocchii*, *Goniopygus minor*, *Lima carolina* et au calcaire de Mons par *Uteria Brocchii*, *Goniopygus minor*. Le calcaire pisolithique du Bassin de Paris, montien dans la presque totalité de ses gisements, est peut-être danien supérieur dans les points bas, comme l'avait pensé Munier-Chalmas. Il serait d'ailleurs surprenant que la transgression inaugurant le cycle tertiaire ait commencé exactement au niveau d'une division stratigraphique conventionnelle. Mais, la grande coupure entre le Crétacé et le Tertiaire est la lacune qui sépare la craie supérieure ravinée et corrodée, du calcaire pisolithique; il ne faut pas exagérer la portée de quelques gisements isolés et il faut constater leurs relations avec une formation qui, dans son ensemble, occupe une position stratigraphique normale entre le Sparnacien et la craie.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la tectonique des chaînons de Bassan-Liquette et des Étienne-Encauron, dans le Massif de la Sainte-Baume*. Note de Mme **Suzanne Fabre-Taxy**, MM. **Georges Corroy** et **Claude Gouvernet**, présentée par M. Paul Fallot.

Nous avons montré dans une Note précédente (1) comment le chaînon de Roqueforcade, au Nord-Ouest de la Sainte-Baume, naît dans le vallon de Saint-Pons sur le Trias *in situ*. Si le flanc ouest du pli anticlinal, du Rhétien à l'Aptien, s'ennoie nettement avec un pendage moyen de 45° sous l'Oligocène de Gémenos, le flanc est poussé par le Trias sous-jacent, se relève fortement pour amener l'Hettangien et le Lias à chevaucher le synclinal crétacé de Roussarge. En particulier, près de la ferme de même nom, le Campanien est pincé étroitement entre deux bandes de Santonien, l'une normale, l'autre renversée. A l'Est de la Piguière, le flanc ouest est sectionné à la verticale par une ascension de Trias diapir (Roquevaire), tandis que le flanc est, plus abaissé, fait affleurer les horizons bathoniens-kiméridgiens sur une assez grande puissance. Mais, au Sud de Villecroze, la charnière est affectée rapidement d'un accident, classique en Provence, qui va amorcer un effondrement crétacé : le synclinal de Parette (2). Le mouvement qui tend à renverser le flanc ouest sous le pli de Bassan lui-même s'accentue aussitôt, et c'est ainsi que s'ouvre le synclinal précité. Des témoins jurassiques de ce renversement sont conservés çà et là entre le Crétacé et l'Infralias de la charnière. Au Nord, le Trias, coiffé de dolomies jurassiques lors de son ascension, a taillé comme à l'emporte-pièce la bordure nord-ouest de ce synclinal. Vers les Bosq, le flanc est se relève. Le mas est construit sur le Lias, tandis que l'Hettangien, comme le Bathonien plus au Sud, à Daurengue, dessine une charnière anticlinale chevauchant le Crétacé de la bordure de la Lare. Le chaînon se termine à l'éperon de Liquette par une série d'écailles jurassiques avec Maestrichtien détritique, dont la plus inférieure s'accole au Trias. Sur le flanc nord de cet axe, des écailles analogues (Sainte-Croix d'Auriol) mettent en évidence le caractère ascendant du Trias entraînant de part et d'autre des copeaux de sa couverture.

Il résulte de ces observations que le chaînon de Bassan-Liquette est un anticlinal ennoyé périclinalement au Sud, déversé à l'Est sur le dôme de la Lare, couché à l'Ouest sur le synclinal crétacé de Parette. Ce dernier est séparé du bassin lignitifère de Vède (Est du Chaînon) par les écailles de Liquette reposant sur le Trias. A l'Est du ruisseau de Vède, vers les Étienne-Encauron, il n'y a *aucun lambeau flottant* de Jurassique sur le Crétacé. Les horizons de l'Infralias au Kiméridgien, décrochés six fois par des accidents Nord-Ouest-Sud-Est

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 696.
(2) *Bull. Carte géol. de la France*, n° 201, 41, 1939, p. 103-105.

crèvent simplement le manteau des sédiments crétacés qu'ils relèvent au Nord, et *sous lesquels* ils s'enfoncent au Sud.

Les travaux souterrains d'anciennes concessions de lignites campaniens dans la vallée de Vède (Étienne-Tapan-Daurengue), comme dans celle du Cauron, près Nans (Bastide Blanche), confirment cette disposition. Les exploitations ont été arrêtées en profondeur dans le Crétacé par une *zone de broyage* jurassique à la verticale.

En résumé, les chaînons de Roqueforcade-Nans, de Bassan-Liquette et des Étienne-Encauron, ne sont pas des lambeaux jurassiques appartenant au flanc normal du pli couché de la Sainte-Baume, et charriés sur 7 à 8^{km} par dessus la haute chaîne. Ils sont *enracinés in situ*, en bordure de zones crétacées, le plus souvent effondrées. Le Maestrichtien est transgressif jusque sur le Trias (Châteauneuf).

Après une préparation plus ou moins accentuée depuis le Barrémien, nous reconnaissons avec G. Denizot ([3]), *une phase essentielle de plissement post-campanienne*. Elle a créé de vrais anticlinaux, arasés ensuite, avec, déjà, des mouvements diapirs du Trias. Ces érosions maestrichtiennes ont constitué une région hétérogène, circonstance déterminante de la grande variété des effets de la phase principale pyrénéo-provençale. Par contre, les phases alpines ultérieures n'ont laissé en Basse-Provence que des traces peu importantes; c'est aussi l'interprétation de A.-F. de Lapparent pour des régions beaucoup plus septentrionales ([4]).

PALÉOBOTANIQUE. — *Analyse pollinique de tourbières hypno-caricières, de Savoie et de Haute-Savoie*. Note (*) de M[lle] **Jeanne Becker**, transmise par M. Maurice Gignoux.

Un certain nombre de tourbières des départements de Savoie et de Haute-Savoie ont été prospectées en 1942 et 1943 par les soins du Comité d'Organisation de l'Industrie des Combustibles Minéraux solides (Section Tourbe). M. G. Dubois m'a confié l'analyse pollinique des échantillons provenant des sondages, conservés au Laboratoire de Géologie et de Paléontologie de Strasbourg.

Je suis en mesure de communiquer les résultats de l'étude palynologique des tourbières suivantes :

Savoie (région Sud-Ouest). — Les Marais, vers le Lac (271^{m}), à Sainte-Hélène-du-Lac (Feuille 1/80000, 169 *bis* Albertville); Marais de Villaroux (271^{m}), aux Mollettes (Feuille 1/80000, 179 Saint-Jean-de-Maurienne); Le

---

([3]) *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 90.

([4]) *Bull. Carte géol. de la France*, n° **198**, **40**, 1938, p. 250 et suiv.

(*) Séance du 14 février 1949.

Fondrant ou Grand-Barberaz (300^m), à Challes-les-Eaux; Les Communaux de Vars (235^m), à Chindrieux, dans une dépression à l'extrémité aval du Lac du Bourget (Feuille 1/80000, 169 Chambéry).

Haute-Savoie (région Nord-Est). — Mouille-Rousse (1100^m), à Bellevaux; Marais de Piollan (937^m), à Saint-Paul (Feuille 1/80000, 150 Thonon).

Il s'agit de tourbières basses hypno-caricières à tourbes riches en cendres. Les restes de *Carex* y sont très abondants à tous niveaux, ceux d'*Hypnum*, d'*Eriophorum* et de Fougères sont assez rares. Par contre, les spores de Fougères, en particulier celles de type *Athyrium*, ainsi que les pollens de Graminées-Cypéracées sont présents de la base au sommet et atteignent des fréquences assez élevées à plusieurs reprises dans les Marais de Villaroux et de Sainte-Hélène. Les spores et tissus de Sphaigne manquent.

La tourbière des Marais, vers le Lac, à Sainte Hélène, a fourni l'histoire forestière la plus complète dans laquelle se distinguent les phases suivantes :

1° Pin avec forts pourcentages (94,5 à 98,9 %) dans une craie lacustre de base : 8^m à 6^m,40 et dans le premier niveau de tourbe à 6^m,25;

2° Coudrier (première poussée), Pin et Chênaie mixte;

3° Chênaie mixte avec maximum du Tilleul et deuxième poussée du Coudrier;

4° Fagabiétaie : Sapin-Hêtre avec deux maxima du Hêtre intercalés entre trois poussées du Sapin. Les autres essences : Chênaie, Coudrier, Pin, Épicea ne jouent qu'un rôle effacé ne dépassant pas 10 à 15 %, à l'exception de l'Aulne qui atteint 37,5 % avant la dernière pointe du Sapin.

5° Forêt diversifiée avec Pin dominant.

Le diagramme pollinique du Marais de Villaroux est tout à fait comparable au précédent, mais les première et deuxième phases y sont absentes; par ailleurs il y a un hiatus d'observation palynologique correspondant à diverses époques de la Fagabiétaie, les pollens étant rarissimes dans plusieurs lits de vase argilo-sableuse.

L'histoire forestière des tourbières du Fondrant et des Communaux de Vars est analogue à celle qui a été mise en évidence dans le Marais de Lavours [1], c'est-à-dire que le Pin cède devant la Fagabiétaie, presque uniquement formée de Sapin qui reste prépondérant jusque près de la surface où il est dominé par le Pin.

La tourbière de Mouille-Rousse est plus récente, car dès sa base elle montre partout le Sapin dominant accompagné d'Épicea en faible pourcentage pollinique (maximum 15,8 %).

Le Marais de Piollan mérite attention parce que l'Épicea qui atteint 52,8 % entre en compétition avec le Sapin en le dominant à plusieurs reprises.

(1) R. PETERSCHMITT, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 562-564.

Au point de vue climatique-stratigraphique, cette histoire correspond aux périodes flandriennes classiques : boréale (phases 1 et 2), atlantique (3), subboréale et subatlantique (4), actuelle (5).

En conclusion, l'histoire forestière des tourbières étudiées est entièrement du type paléosilvatique montagnard. Elle se rapproche de celle du Marais de Lavours ([1]); en outre elle est voisine de celle qui a été mentionnée pour le Jura français ([2]), avec néanmoins un plus faible développement de l'Epicea en basse altitude. Elle ne montre pas le remplacement rapide du Sapin par l'Epicea en période protohistorique, connu dans la région de Chamonix ([3]). Elle se différencie nettement de celle des tourbières des plateaux lyonnais qui sont du type paléosilvatique de plaine ([4]), bien qu'à une altitude peu différente ou même un peu plus forte (Marais des Échets, 275^{m} environ) que la plus basse des tourbières ici envisagées (235^{m}). Ce fait paraît explicable par le voisinage montagneux de celles-ci.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Variation diurne de la température moyenne de l'ozone atmosphérique*. Note de M. et Mme **Étienne Vassy**, présentée par M. Pierre Lejay.

Dans un travail récent ([1]), R. V. Karandikar, ayant effectué au cours des années 1945, 1946 et 1947 des mesures systématiques de l'épaisseur réduite de l'ozone atmosphérique à l'aide d'un dispositif spectrophotométrique de Dorson à Delhi (Indes) par 28° de latitude Nord, a constaté qu'au cours de la journée l'épaisseur diminuait légèrement autour de midi (heure locale) pour augmenter ensuite. Ce minimum, faible il est vrai, est parfaitement net et semble se retrouver tous les jours, plus accentué pendant l'été que pendant l'hiver.

La source utilisée était la lumière solaire directe. Les longeurs d'onde pour lesquelles sont effectuées les mesures sont 3110 et 3300 Å. Mais ces deux longueurs d'onde correspondent à des coefficients d'absorption de l'ozone très différemment affectés par la température. Si 3110 est très faiblement influencé, 3300 varie au contraire notablement, ainsi que l'un de nous l'a montré ([2]) : $(K_{-80}/K_{+20}) = 0,46$. On peut donc se demander si la diminution d'épaisseur observée par Karandikar est réelle ou s'il s'agit d'une variation de température.

([2]) F. Firtion, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 100-101.

([3]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Rev. Sc. Nat. Auvergne*, (N. S.), 6, 1940, p. 53-80.

([4]) J. Gourc, *Études Rhodaniennes* (*Rev. Géogr. région.*, 12, 1936, p. 68-81); G. Mazenot et J. Gourc, *Ibid.*, 15, 1939, p. 145-160.

([1]) *Proc. Ind. Acad. Sc.*, 28, 1948, p. 63; Ramanathan, Assemblée U. G. G. I., Oslo, 1946.

([2]) E. Vassy, *Ann. Phys.*, 8, 1937, p. 697.

En effet, pour la clarté du raisonnement, supposons que le calcul de l'épaisseur d'ozone x a été fait suivant la formule simplifiée donné par Bobson :

$$x = \frac{\log \frac{I_0}{I'_0} - \log \frac{I}{I'}}{(\alpha - \alpha')\mu} - 0{,}085.$$

I et I' sont les intensités reçues pour les longeurs d'onde 3110 et 3300 Å respectivement, I_0 et I'_0 les quantités correspondantes en dehors de l'atmosphère, μ le rapport de la longueur du parcours dans l'ozone pour la distance zénithale considérée à la longueur du parcours suivant la verticale (μ est très voisin de la *masse d'air* pour les distances zénitales faibles et moyennes), α et α' sont les coefficients d'absorption de l'ozone pour 3110 et 3300 Å. Donc $\log I_0/I'_0$ est une constante égale à 3,020 pour Delhi, et, comme on néglige l'influence de la température, on prend pour $\alpha - \alpha'$ une valeur également constante, 1,17 correspondant à une température de $+ 20°$C.

Si la température moyenne de l'ozone était 20°C., la formule donnerait une valeur correcte. Si la température est inférieure, α' diminue, $\alpha - \alpha'$ devient plus grand que 1,17; on emploie donc dans la formule une quantité $\alpha - \alpha'$ trop petite, et la valeur x obtenue est trop grande; l'erreur est bien entendu d'autant plus grande que la température est plus basse.

Nous pouvons aussi raisonner sur les absorptions, c'est-à-dire sur les intensités I et I' reçues. Une mesure (par exemple celle de midi) a donné une épaisseur x. Supposons que l'épaisseur réelle d'ozone et la quantité μ restent constantes, mais que la température diminue. Comme le coefficient d'absorption pour 3300 diminue, l'intensité reçue I' augmente, et le terme $-\log I/I'$ augmente également. On en déduira donc une quantité x_1 plus grande que x. Donc une diminution de température correspond à une augmentation de l'épaisseur calculée, et inversement. L'effet observé par Karandikar est donc dans le sens d'une élévation de température au milieu de la journée.

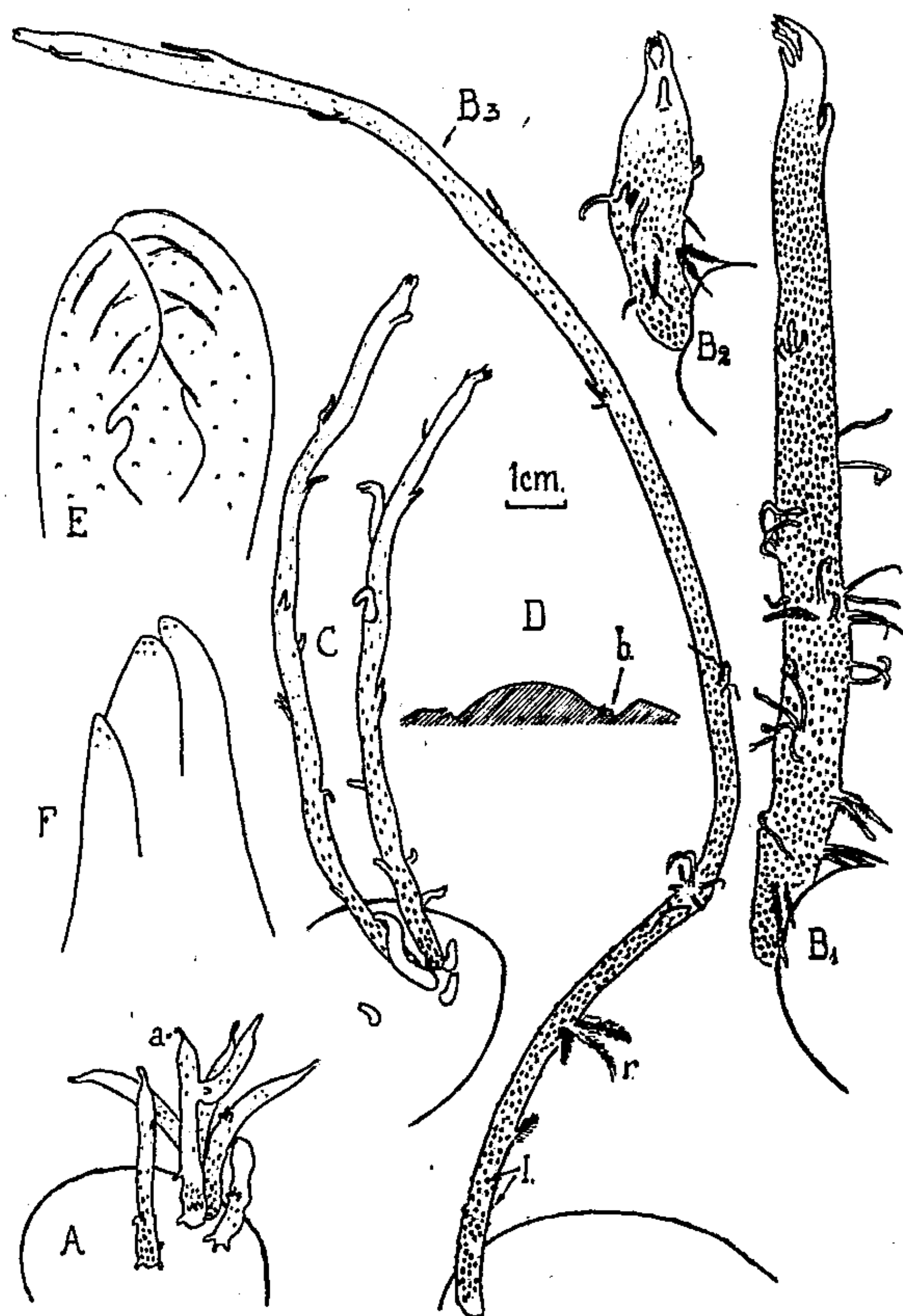
Mais nous avons montré [3] que les épaisseurs d'ozone dépendent de la température de la stratosphère, laquelle intervient dans la constante d'équilibre photo-chimique. Une élévation de température doit donc entraîner un déplacement de l'équilibre dans le sens d'une diminution réelle d'épaisseur. Les deux effets doivent se superposer, et il n'est pas possible, avec les données actuellement publiées, de calculer l'élévation de température de la stratosphère. Il sera possible d'en faire la discrimination en utilisant séparément les longueurs d'onde non affectées par la température pour avoir l'épaisseur réduite, et les longueurs d'onde subissant son influence pour déterminer le réchauffement diurne.

---

(3) *Jour. Phys.*, 2, 1941, p. 81.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la composition de l'atmosphère ambiante sur le développement des bourgeons des tubercules de Pomme de terre.* Note de MM. **Roger Ulrich** et **Pierre Ildis**, présentée par M. Raoul Combes.

Nous avons étudié le comportement de tubercules de Pomme de terre de variété Bintje à +15°, à l'obscurité, dans diverses atmosphères. Ces tubercules, de taille moyenne, provenaient du jardin du laboratoire, à Meudon, où ils avaient été récoltés le 14 septembre. Après répartition en lots de 3kg placés sur de petites claies, les tubercules ont pris place dans des cellules hermétiquement closes. L'atmosphère de ces enceintes a été renouvelée deux fois par



A, tubercule de la série A, *a* pointe noire altérée; B_1, B_2, B_3, types de tiges du lot B, les deux premiers trapus, le troisième long et grêle; *l*, lenticelles; C, tiges du lot C; D, coupe normale à la surface d'un tubercule du lot D montrant les bourgeons rudimentaires (*b*); E et F, bourgeons terminaux très grossis des lots C (E) et A (F). L'échelle (1 cm) ne s'applique pas aux dessins D, E, F.

semaine à partir du 17 septembre, pendant toute la durée des essais, de manière à maintenir les concentrations au voisinage de 21 % *d'oxygène,* 0 % *de gaz carbonique,* 79 % *d'azote pour le lot* A (air), 10 % *d'oxygène,* 10 % *de*

gaz carbonique, 80 % *d'azote pour le lot* B, 5 % *d'oxygène,* 10 % *de gaz carbonique et* 85 % *d'azote pour le lot* C, 17 % *d'oxygène,* 20 % *de gaz carbonique et* 63 % *d'azote pour le lot* D (air chargé de 20 % de gaz carbonique).

Dès le 22 octobre, des différences de comportement très sensibles ont pu être notées. Elles se sont accentuées dans la suite, et, le 21 décembre, nous avons fait les observations condensées dans la figure ci-dessus et le tableau ci-après.

	A (air).	B (10-10).	C (5-10).	D (20 %).
Longueur des tiges...........	0 à 65 mm	0 à 340 mm	0 à 270 mm	0
Diamètre à mi-hauteur.......	0 à 6	0 à 13	0 à 8	0
Nombre de tiges par tubercule.	1 à 10 (3) (1)	0 à 7 (1)	1 à 7 (2)	0
Bourgeon terminal..........	peu différencié	plus différencié		néant
Développement des bourgeons axillaires.................	nul	sensible		néant
Racines adventives	nulles ou rudimentaires	souvent développées	nulles	néant

On observe donc une énergique stimulation de l'allongement des tiges dans l'atmosphère B, *une stimulation moindre dans l'atmosphère* C *et une inhibition totale dans le milieu* D. La comparaison des lots B et C montre que l'oxygène influence la croissance tout comme le gaz carbonique. Ces résultats complètent ceux qui ont été antérieurement publiés par Kidd ([2]) et par Molliard ([3]).

L'étude des pousses développées dans le mélange B montre que celui-ci peut aussi bien stimuler la croissance en longueur (allongement et multiplication cellulaires) que l'accroissement en diamètre (grande activité du cambium et du phellogène, bois secondaire épais, divisions cellulaires dans l'écorce profonde, particulièrement dans le cas des germes fusiformes). Toutefois, l'allongement des cellules est faible tout au moins en ce qui concerne l'écorce profonde prise comme référence; les tiges des milieux B et C doivent leur grande taille beaucoup plus à un accroissement du nombre des cellules qu'à un simple allongement de ces dernières. Les entre-nœuds sont d'ailleurs beaucoup plus nombreux dans les séries B et C que dans la série A. Lorsque les germes sont très volumineux, ils sont peu nombreux (série B). Lorsque la concentration de l'oxygène est faible (série C) l'activité du cambium est sensiblement moindre que dans l'air.

Un certain nombre de tubercules du lot D ont été transportés le 21 janvier de la cellule étanche à l'air libre, à + 15°; après 25 jours de ce nouveau régime aucun bourgeon ne manifestait la moindre tendance à se développer. Signalons

---

(1) Les nombres indiqués entre parenthèses correspondent aux plus fortes fréquences relevées sur les polygones de variation.

(2) *New Phytol.*, **18**, 1919, p. 248-252.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, **119**, 1935, p. 347-349.

enfin que la saveur de ces tubercules était altérée et peu agréable, ce qui exclut toute possibilité d'utilisation pratique de l'atmosphère étudiée en vue de la conservation des pommes de terre.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Gentianacées. Développement de l'embryon chez le* Gentiana asclepiadea *L.* Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Doit-on considérer comme des Gentianacées les genres aquatiques parmi lesquels on compte les Ményanthes? La controverse est toujours ouverte. Il faut remonter à 1838, semble-t-il, pour les trouver groupés dans une famille distincte des Gentianacées, les Ményanthacées ([1]); dans les temps modernes, de nombreux arguments sont venus étayer cette manière de voir qui est, par exemple, celle de R. von Wettstein ([2]). Les différences primordiales entre le groupe des Ményanthes et le groupe des Gentianes sont, en effet, surtout d'ordre anatomique : les Gentianacées possèdent des îlots de tissu criblé intraligneux et périmédullaire qui font défaut chez les Ményanthacées ([3]); aux dépens du tégument interne des ovules des Ményanthacées se différencie une assise nourricière dont les Gentianacées sont dépourvues ([4]); le développement du sac pollinique ([5]) et les caractères de l'anatomie florale ([6]) diffèrent fondamentalement dans les deux familles. A ces arguments vient s'ajouter un élément nouveau, qui devrait mettre fin à la controverse : l'embryon du *Gentiana asclepiadea* appartient à un type embryonomique totalement différent de celui que R. Souèges a défini pour le *Menyanthes trifoliata* L ([7]).

Le développement du sporophyte s'effectue en totalité aux dépens de la cellule apicale du proembryon bicellulaire; la cellule basale ne fournit qu'un nombre très limité d'éléments qui entrent dans la constitution de la partie inférieure du suspenseur. A partir de la cellule apicale, il s'édifie successivement un embryon à deux cellules réparties en deux étages (*fig.* 2 et 3), puis à quatre cellules réparties en quatre étages *ce*, *cf*, *m* et *ci*. Chacune des cellules se segmente verticalement, puis les quatre dyades se divisent par de nouvelles parois méridiennes. Ainsi sont produits les proembryons à huit, puis à seize éléments disposés en quatre étages (*fig.* 6 et 8). L'étage *ce* donne naissance à la partie cotylée. Dans l'étage *cf*, après séparation du dermatogène (*fig.* 9), les quatre cellules

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) C. Don, *General history of dichlamydeous plants*, 4e vol., Londres, 1838.

([2]) *Handb. der system. Botanik*, 2e vol., Leipzig, 1935.

([3]) E. Perrot, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 4, 1897, p. 340 et *Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série, 7, 1899, p. 104.

([4]) P. Guérin, *J. de Bot.*, 18, 1904, p. 33, 37 et 83.

([5]) P. Guérin, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 73, 1926, p. 5.

([6]) A. A. Lindsey, *Amer. Journ, of Bot.*, 25, 1938, p. 480.

([7]) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 488.

circumaxiales se cloisonnent transversalement en éléments superposés. Les éléments du bas sont les initiales de l'écorce au sommet radiculaire; les éléments du haut, par cloisons verticales, donnent une cellule mère de périblème et une cellule mère de plérome (*fig.* 10 à 13). L'étage *m* se divise transversalement en deux nouveaux étages (*fig.* 11); l'étage supérieur fournit les parties latérales de la coiffe; l'étage inférieur, avec les élements issus de l'étage *ci*, contribue à former la partie supérieure du suspenseur (*fig.* 14 à 18).

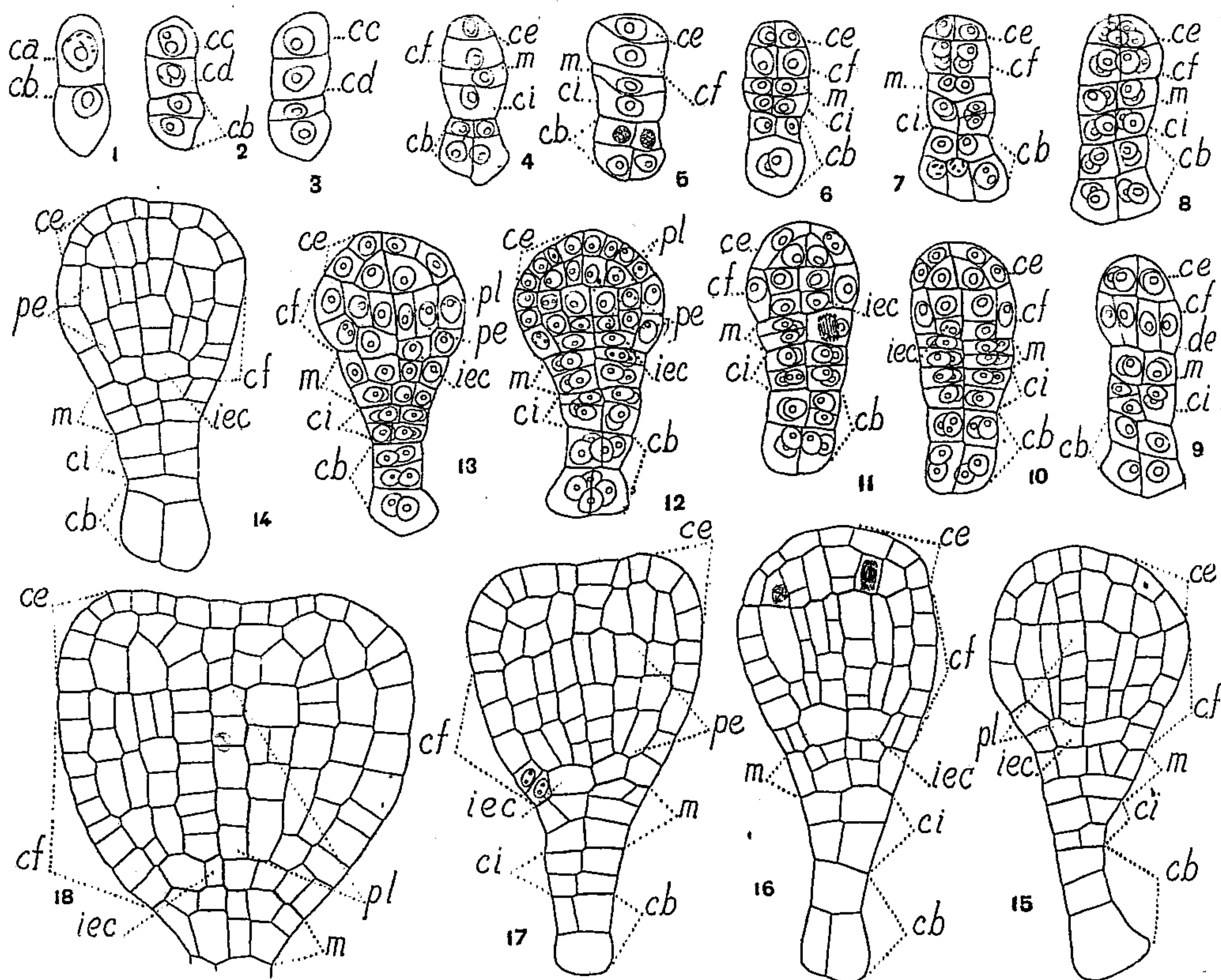


Fig. 1 à 18. — *Gentiana asclepiadea* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *ce* et *cf*, cellules-filles de *cc* ou les deux éléments supérieurs de la tétrade seconde; *m* et *ci*, cellules-filles de *cd* ou les deux éléments inférieurs de la tétrade seconde; *de*, dermatogène; *pe*, périblèmes *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. Dans des publications analogues de R. Souèges et de moi-même, les deux étages *ce* et *cf* ont été désignés par les lettres *l* et *l'*. G. = 280.

Le développement de l'embryon du *G. asclepiadea* appartient à la deuxième période de la classification embryogénique. Avec les *Armeria*, il se rattache au mégarchétype V dans la série C', sous-série *a'*. Ce résultat est de nature à surprendre : parmi les Gamopétales étudiées jusqu'ici, on retrouve seulement ce type dans la famille des Plombagacées dont les affinités sont obscures. Les Contortées constituent bien, en tout cas, un groupement de familles d'origine différente, comme le prévoyait K. Schnarf ([8]). Il n'existe apparemment aucun

([8]) *Vergl. Embryologie der Angiospermen*, Berlin, 1931, p. 202.

rapport embryonomique entre les Asclépiadiacées, les Loganiacées et les Gentianacées. Bien plus, il est évident que l'on a les plus sérieuses raisons de ne pas considérer les Ményanthacées comme des Gentianacées. L'embryon du *Menyanthes trifoliata* appartient, dans la première période, au type embryonomique du *Senecio vulgaris*; l'embryon du *G. asclepiadea* se rattache, dans la seconde période, au type embryonomique de l'*Armeria plantaginea*. Les Ményanthacées ne présentent incontestablement, avec les Gentianacées aucune affinité d'ordre embryologique.

BOTANIQUE. — *Sur la phyllotaxie des grappes et des vrilles de la Vigne* (Vitis vinifera *L.*). Note (*) de M. **François Bugnon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

L'homologie des grappes et des vrilles de la Vigne n'est guère contestée; mais leur interprétation commune a donné lieu à diverses théories, qui peuvent être ramenées à trois principales d'après la signification accordée au sarment :

1° Le sarment représente, sur toute sa longueur, un seul axe, d'ordre N, un *monopode*, qui donne naissance sur ses flancs à des rameaux d'ordre $N+1$: les grappes et les vrilles seraient de tels rameaux, au même titre que les rameaux feuillés (bourgeons anticipés) qui résultent du développement des bourgeons axillaires; elles s'en distingueraient surtout par leur position en apparence oppositifoliée, extra-axillaire. C'est la théorie *monopodiale*.

2° Le sarment est constitué par une succession, en *sympode*, de segments correspondant à des axes d'ordre de plus en plus élevé; chaque grappe ou vrille serait le sommet d'un de ces segments, sommet déjeté latéralement par un rameau usurpateur, issu d'un bourgeon axillaire de la feuille opposée à la grappe ou à la vrille. C'est la théorie *sympodiale*.

3° Le sarment est encore constitué par une succession de segments, mais dont chacun résulte d'une bifurcation ou *dichotomie* du segment précédent; l'autre branche de la bifurcation, plus faible et déjetée latéralement est une grappe ou une vrille. C'est la théorie *dichopodiale*.

Ces théories ont toutes été émises avant 1878, date à laquelle Eichler a pu en faire un exposé d'ensemble demeuré valable, les discuter en détail et se prononcer en faveur de la théorie sympodiale; il a été généralement suivi; le schéma du sarment et le diagramme du bourgeon axillaire qu'il a proposés à l'appui de son argumentation ([1]) se retrouvent dans la plupart des ouvrages classiques. Dans les nombreuses controverses auxquelles ces théories ont donné lieu, les faits qui se rapportent à la phyllotaxie du sarment et de ses rameaux ont joué un rôle de premier plan. L'étude que nous en avons entreprise, notamment sur coupes en série au microtome dans des bourgeons terminaux de sarments, prélevés au début de leur développement ou au cours de leur évolution, nous a permis de constater que deux faits importants de cet ordre avaient été

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) *Blüthendiagramme*, 2, p. 375; figure 151, p. 376 et figure 152, p. 379.

insuffisamment ou mal observés; ce sont : 1° l'organisation dorsiventrale du sarment; 2° la disposition phyllotaxique propre aux grappes et aux vrilles. Les diagrammes fournis par les auteurs antérieurs les ont laissés dans l'ombre. Nous

Fig. 1 et 2. — Schéma et diagramme d'une portion de sarment de Vigne dont les axes d'ordres successifs sont désignés par N, N + 1, N + 2. Les feuilles du sarment sont alternes-distiques; il en est de même de celles des rameaux latéraux ordinaires de divers ordres que le sarment peut porter. Le plan phyllotaxique commun des feuilles d'un rameau latéral ordinaire croise, à angle droit ou plus ou moins obliquement, le plan phyllotaxique du rameau qui porte le premier. La première feuille d'un rameau ordinaire est une préfeuille dissymétrique qui reste insérée à l'extrême base du rameau, dans l'aisselle où elle est apparue. Le bourgeon d'ordre N + 1 par rapport au sarment, d'ordre N, évolue rapidement (bourgeon anticipé); sa préfeuille devient elle-même très vite axillante d'un bourgeon, d'ordre N + 2, qui reste d'habitude dormant jusqu'à l'année suivante, au cours de laquelle il donne un nouveau sarment. Par suite du croisement des plans phyllotaxiques des rameaux successifs, le plan phyllotaxique du bourgeon dormant est parallèle à celui du sarment. La trace des divers plans phyllotaxiques est représentée en traits interrompus.

La portion considérée comporte : 1° un nœud inférieur, avec une feuille végétative F_n, son bourgeon axillaire A_n et une grappe opposée G dont on n'a figuré que la région inférieure; 2° le nœud superposé, avec une feuille végétative F_{n+1}, alterne-distique avec F_n, son bourgeon axillaire A_{n+1} et une vrille opposée V comportant deux bifurcations apparentes successives. Pour les deux bourgeons axillaires on a représenté : 1° les trois premières feuilles de l'axe N + 1 (bourgeon anticipé), sa préfeuille Pf et les deux premières feuilles végétatives f_1 et f_2; 2° le bourgeon axillaire de chaque préfeuille (axe N + 2, bourgeon dormant), avec la préfeuille Pfd et la première feuille-écaille e. La dorsiventralité du sarment N se traduit notamment par le fait que la nervure principale des préfeuilles Pf et les bourgeons dormants se trouvent d'un même côté du plan phyllotaxique du sarment. La grappe et la vrille ont chacune deux premiers bras, l'un interne I, l'autre externe E, qui se séparent au niveau d'insertion de la première bractée B et qui se trouvent, comme la première bractée, dans le plan phyllotaxique du sarment N. Dans la vrille, le bras interne reste d'habitude simple et sans appendice foliaire apparent; le bras externe porte souvent, à quelque distance de la bractée B, une préfeuille Pf_E, axillante d'un rameau d'ordre N + 2 (deuxième bifurcation apparente de la vrille). Dans la grappe, le bras externe se comporte souvent comme dans la vrille; le bras interne porte, dans un plan phyllotaxique qui croise celui du sarment N, deux bractées, b_1 et b_2, presque opposées, axillantes chacune d'un rameau florifère d'ordre N + 2; la première se trouve à l'opposé des préfeuilles par rapport au plan phyllotaxique du sarment.

avons établi le diagramme ci-dessus pour les mettre en relief; leur considération nous permettra, non seulement d'écarter les théories sympodiale et dichopodiale, mais encore de proposer, dans le cadre de la théorie monopodiale, une interprétation nouvelle, qui évite les objections adressées jusqu'ici à cette théorie; nous en ferons le sujet d'une prochaine Note.

PHYSIOLOGIE. — *L'hypophyse du Saumon* (Salmo salar *L.*) *à diverses étapes de sa migration*. Note (*) de M. **Maurice Fontaine** et M[lle] **Madeleine Olivereau**, présentée par M. Louis Fage.

Le rôle des glandes endocrines dans les migrations des Vertébrés a été assez souvent envisagé pour que nous ayons jugé intéressant d'étudier l'hypophyse du Saumon de l'Adour au cours de son cycle de migration et aux stades de sa vie sédentaire qui nous ont été accessibles. Rappelons d'abord que l'hypophyse de Saumon se compose d'un lobe principal formé de follicules, d'un lobe moyen ou de transition ou Uebergangsteil, du lobe intermédiaire qui est topographiquement le plus important et dont les ramifications sont intimement intriquées dans celles du lobe nerveux. Ces diverses parties feront l'objet de descriptions dans un mémoire d'ensemble et nous n'apportons ici que quelques conclusions relatives à l'étude du lobe de transition, qui d'après les phénomènes cytologiques s'y déroulant, semble l'homologue du lobe antérieur des Vertébrés supérieurs. On y retrouve les divers types cellulaires décrits dans celui-ci : petites acidophiles, volumineuses basophiles granuleuses et situées, chez le Saumon, à la périphérie des massifs cellulaires, grosses basophiles à cytoplasme homogène, souvent vitreux et vacuolisé, essentiellement réparties au centre de ces mêmes massifs, enfin chromophobes de tailles variables. Les hypophyses furent prélevées sur des Saumons aux divers stades suivants : parr ou jeune Saumon sédentaire en eau douce, smolt ou jeune Saumon de descente vers la mer, Saumon adulte au début de la montée dans les fleuves, puis au moment de la reproduction sur les frayères.

Les jeunes Saumons, parrs et smolts, se distinguent nettement des Saumons adultes par un pourcentage supérieur des acidophiles, qui peut dépasser 70 %, alors que nous l'avons toujours trouvé jusqu'ici inférieur ou au plus égal à 60 % chez l'adulte; par un taux inférieur des basophiles qui peut tomber jusqu'à 0,5 % chez le smolt, alors qu'il ne descend pas au-dessous de 9 % chez l'adulte. Ces observations sont en accord avec les notions les plus généralement admises d'une fonction somatotrope de la cellule acidophile et d'une sécrétion gonadotrope (F. S. H.) de la cellule basophile. En effet, le Saumon adulte est ici capturé lors de la maturation des organes génitaux, ou à la fin de cette maturation (taux élevé de basophiles à cytoplasme vitreux et vacuolisé) tandis que le jeune Saumon est en pleine phase de croissance (taux élevé d'acidophiles). Il faut toutefois remarquer que la grande majorité des parrs capturés en janvier sur les frayères est constituée par des individus sexuellement mûrs, émettant un sperme doué de pouvoir fécondant, et cependant ces individus ne présentent pas un pourcentage de basophiles supérieur à celui des mâles capturés à l'état

(*) Séance du 21 février 1949.

de repos sexuel. Ces basophiles sont des deux sortes précédemment mentionnées, mais il y a cependant prédominance de volumineuses cyanophiles à cytoplasme hyalin dont la vacuolisation se poursuit et semble être en relation avec la libération d'hormone gonadotrope.

C'est par une diminution importante de sa basophilie que le smolt se distingue du parr. La transformation du parr en smolt correspond à une phase d'accélération de croissance; il est donc normal que l'activité gonadostimulante se trouve réduite au bénéfice de l'activité somatotrope. Mais chez les Mammifères les basophiles sont aussi considérées comme les cellules élaborant l'hormone thyréotrope; or, la thyroïde du smolt représente histologiquement l'état d'activité maximum de cette glande chez le Saumon ([1]). Il y a là un point qui ne peut être que mentionné ici, mais qui sera discuté ultérieurement et notamment confronté avec les données biochimiques obtenues par ailleurs sur la teneur en hormone thyroïdienne du milieu intérieur à ces deux stades. Quoi qu'il en soit, la chute du pourcentage des basophiles lors de la smoltification doit être soulignée, car elle peut être en relation avec le comportement si particulier du smolt qui entraîne son avalaison. Quant au Saumon frais de montée, il est caractérisé par une baisse des acidophiles (sa croissance est en effet terminée) et par un maximum de basophiles (jusqu'à 25 %) presque exclusivement localisées à la périphérie des massifs cellulaires. Ce maximum s'explique aisément par le fait que l'hypophyse doit produire bientôt les hormones nécessaires à la maturation des organes génitaux, mais il est très possible aussi que cette basophilie corresponde à une production importante de cortico-stimuline et de thyréostimuline ([2]) à un moment où la montée à contre-courant implique d'importantes dépenses métaboliques. Nous observons alors dans ce lobe un minimum de chromophobes et il semble que son activité fonctionnelle soit maximum à ce stade, ou tout au moins qu'il y ait élaboration maximum d'hormone sans qu'elle soit totalement et immédiatement suivie d'excrétion.

Enfin, au moment du frai, se manifeste une diminution plus ou moins accusée ([3]) des basophiles (la maturation des organes génitaux est alors terminée). Ces basophiles qui subsistent encore sont presque exclusivement localisées au centre des cordons de l'Uebergangsteil et subissent une vacuolisation importante. La remontée du taux des chromophobes observée le plus souvent provient vraisemblablement du retour à cet état des basophiles et acidophiles épuisées.

([1]) M. Fontaine et M. Olivereau, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1660.

([2]) La thyroïde est à ce moment active et la teneur en hormone thyroïdienne du milieu intérieur est alors maximum (Fontaine, Lachiver, Leloup et Olivereau, *J. Physiol.*, 40, 1948, p. 182.

([3]) Il semble exister des différences selon les classes annuelles, différences qui ne pourront cependant être affirmées qu'après des recherches plus longtemps poursuivies.

En résumé, l'étude du lobe de transition de l'hypophyse nous révèle des modifications cytologiques qui, dans l'ensemble, rendent compte d'une façon satisfaisante de l'évolution du Saumon au cours de son développement somatique et génital et de ses migrations. Un point spécial retiendra toutefois notre attention : la chute des basophiles chez le smolt à une période particulièrement critique caractérisée par une baisse du coefficient de condition et un comportement au cours de l'avalaison dont le déterminisme reste encore d'interprétation très difficile.

CYTOLOGIE. — *Le caryotype de* Drosophila spinofemora. Note (*) de M. **Jean Le Calvez** et Mlle **Philomène Certain**, présentée par M. Louis Fage.

Drosophila spinofemora, espèce exclusivement hawaïenne, resta longtemps confondue avec *Drosophila immigrans*. Elle ne fut identifiée que récemment ([1]); sa garniture chromosomique n'a été que brièvement décrite ([2]) comme se composant d'une paire de microchromosomes, d'une paire de V et de deux paires de bâtonnets. L'analyse des prométaphases neuroblastiques de cette espèce nous a permis de préciser certaines structures chromosomiales et surtout d'en comparer le caryotype avec celui de *Drosophila immigrans* décrit ici même par l'un de nous ([3]).

1° *Détermination des chromosomes sexuels*. — La comparaison des métaphases mâles et femelles (*fig.* 1, 2) permet de situer le complexe sexuel dans l'une des deux paires de *bâtonnets*. Alors que le X est strictement acrocentrique, le Y est en forme de J : le petit bras constitué par un élément sphériqne et le grand par deux secteurs successifs, le distal double du proximal, séparés par un connectif d'autant plus long que la prophase est plus précoce.

2° *Répartition de l'euchromatine et de l'hétérochromatine*. — Le chromosome Y est naturellement hétérochromatique dans sa totalité. Le X (élément A) l'est dans sa partie proximale et la région euchromatique distale sensiblement de même taille en métaphase est réunie à la précédente par un connectif prophasique assez long (*fig.* 3). La grande paire acrocentrique (éléments B) se montre totalement euchromatique; les deux chromatides constitutives de chaque homologue sont précocement et largement éloignées l'une de l'autre; en même temps que distinctement chromomériques. Les deux bras concourant à la formation des homologues de la paire en V (éléments C-D) ne sont pas identiques. Tous deux débutent par une région hétérochromatique proximale, l'une longue du double de l'autre. Ces deux bases hétérochromatiques proximales sont séparées par un intervalle centromérien très visible. La plus

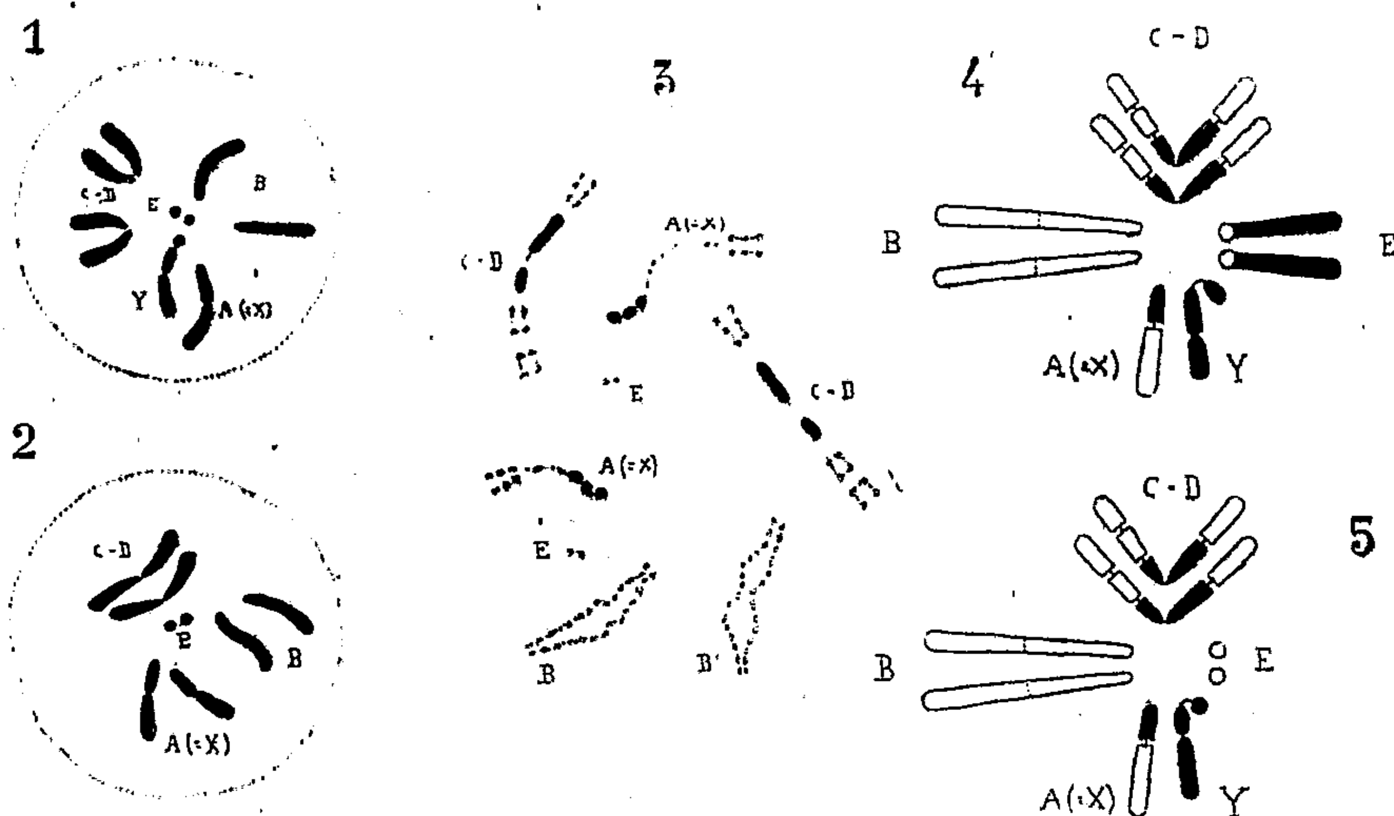
(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) J. T. Patterson and M. R. Wheeler, *Univ. Texas Publ.*, 4213, 1942, p. 66-109.

([2]) L. T. Wharton, *Univ. Texas Publ.*, 4313, 1943, p. 282-319.

([3]) J. Le Calvez, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2004-2006.

longue est suivie, avec solution de continuité, d'une région euchromatique distale tandis que la plus courte est prolongée de la même manière par deux segments euchromatiques séparés l'un de l'autre. La paire de microchromosomes (éléments E) semble entièrement euchromatique.



Drosophila spinofemora. — 1, métaphase neuroblastique mâle; 2, métaphase neuroblastique femelle; 3, prométaphase neuroblastique femelle montrant l'euchromatine et l'hétérochromatine (Acéto-carmin. × 2400); 4, caryotype métaphasique schématique de *Drosophila immigrans* mâle; 5, caryotype métaphasique schématique de *Drosophila spinofemora* mâle (hétérochromatine en noir, euchromatine en blanc.)

Alors que les régions euchromatiques sont toujours clivées en prométaphase, qu'il s'agisse de chromosomes totalement ou partiellement euchromatiques, les portions hétérochromatiques ne le sont jamais.

3° *Comparaison avec le caryotype de Drosophila immigrans* (*fig.* 4 et 5). — Les deux espèces, qui montrent globalement la même architecture dans les noyaux des glandes salivaires : quatre éléments (dont un de longueur double de celle de chacun des trois autres) et un dot, manifestent cependant certaines différences dans les métaphases des noyaux mitotiques. Différences portant sur l'existence d'une paire de dots dans *D. spinofemora*, remplacée par une paire d'acrocentriques chez *D. immigrans*.

Mais les prométaphases, où régions euchromatiques et hétérochromatiques, se distinguent nettement, viennent confirmer les homologies globales et préciser les différences. Sont morphologiquement analogues dans les deux espèces : les X (éléments A) identiquement euchromatiques dans leurs parties proximales, la longue paire d'acrocentriques (éléments B) totalement euchromatiques et doubles de longueur des autres éléments dans les deux espèces, la paire en V (éléments C-D), où la répartition des secteurs euchromatiques et hétérochromatiques est strictement similaire dans l'une et l'autre espèce. Seules la paire E et l'hétérochromosome Y diffèrent donc. La première se

présente chez *D. spinofemora* comme une paire de dots typiques, tandis que chez *D. immigrans* une très longue portion hétérochromatique fait suite à chaque dot euchromatique. Les Y, tous deux en forme de J, se différencient par la position de la constriction du grand bras, submédiane chez *D. immigrans*, plus proximale chez *D. spinofemora*. Les caryotypes des deux espèces sont donc infiniment plus proches que ne le laisseraient prévoir les premières analyses cytologiques (²). Ils se distinguent globalement l'un de l'autre surtout par l'accumulation ou l'absence d'hétérochromatine distale dans la paire de microchromosomes.

On peut enfin se demander si, dans les deux espèces, le long chromosome euchromatique (élément B) représente l'association en tandem (rarement réalisée dans l'évolution des Drosophiles) des deux mêmes bras hétérologues d'une espèce hypothétique ancestrale; seule une étude génétique comparée permettra d'en décider.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Différences de sensibilité de divers stades embryonnaires de la Cheimatobie* (Operophtera brumata *L.*, *Lépidoptère géométridé*), *à l'action du dinitrocrésylate de sodium*. Note de Mlle **Madeleine Chancogne**, MM. **Robert Gaumont** et **Pierre Grison**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le développement embryonnaire de la Cheimatobie a une très longue durée dans la nature : l'œuf, pondu au début de novembre, éclos dans la dernière décade de mars. L'incubation peut être raccourcie à 50-55 jours, aux températures de + 15° à + 16°C., en atmosphère relativement sèche. C'est dans ces conditions que l'un de nous a suivi histologiquement le développement embryonnaire de la Cheimatobie, et que nous avons pu étudier l'action du dinitrocrésylate de sodium à quelques stades bien définis (¹).

Les œufs provenaient de femelles récoltées dans la nature, fécondées et mises à pondre isolément dans des cagettes, sous abri en plein air. Les pontes se sont échelonnées du 19 au 30 novembre 1948. Chaque essai a été réalisé avec des œufs pondus à la même date, issus d'un nombre de femelles aussi restreint que possible. Les stades choisis pour les essais correspondaient aux moments suivants de l'incubation : 12ᵉ heure après la ponte; 60ᵉ heure (début du changement de couleur de l'œuf); 6ᵉ jour (fin du virage); 8ᵉ jour; 18ᵉ jour; 25ᵉ jour et enfin 34ᵉ jour (embryon visible dans l'œuf).

(¹) Mlle Dierick, *De ovicide werking van winters proemiddelen* (Thèse de Doctorat, Amsterdam, 1942.

Les œufs, groupés par lots de 50, ont été immergés pendant 30 secondes dans des solutions aqueuses de concentrations croissantes (0,06-0,125-0,25-0,5 et 1 %) de dinitrocrésylate de sodium (pH 6 environ) préparé à partir de dinitroorthocrésol purifié par double cristallisation dans l'alcool. Après le traitement, les œufs sont essorés pendant 30 secondes à la trompe à eau et placés en boîtes de Pétri à l'incubateur.

Dans ces conditions, nous avons constaté que la dose léthalemédiane (D. L. M.) (nécessaire pour tuer 50 % des œufs) croît à peu près régulièrement de la douzième heure au vingt-cinquième jour après la ponte, à l'exception d'une irrégularité qui se produit au dix-huitième jour. A ce stade, même dans les lots traités aux concentrations les plus faibles, un très petit nombre d'éclosions a été observé, tandis que 81 % des œufs ont éclos dans le lot témoin.

Voici à titre indicatif les chiffres obtenus dans l'expérience précitée :

12ᵉ heure...	D. L. M. < 0,06 %	(conc. en dinitrocrésylate de sodium.)
60ᵉ heure...	0,06 % < D. L. M. < 0,125 %	»
6ᵉ jour....	0,125 % < D. L. M. < 0,25 %	»
8ᵉ jour....	0,125 % < D. L. M. < 0,25 %	»
25ᵉ jour....	D. L. M. > 0,50 %	»

Au trente-quatrième jour, la sensibilité augmente considérablement et nous n'avons pu déterminer la D. L. M.

Nous formulons quelques réserves sur la valeur absolue de ces chiffres et sur les résultats qui pourraient être obtenus dans d'autres conditions expérimentales. Ainsi J. W. L. Beament (2) a montré le déplacement des courbes de mortalité des œufs de *Rhodnius prolixus* (Stäl), suivant l'âge de la femelle qui les avait émis.

Van de Pol P. H. et Besemer A. F. H. (3) ont obtenu des résultats semblables aux nôtres sur les œufs d'*Aphis pomi* L. avec les *carbolineums*, mais n'ont pas constaté de phénomènes comparables avec les dinitrocrésols.

En conclusion, suivant leur état de développement, les embryons de Cheimatobie semblent présenter une différence de sensibilité à l'action toxique du dinitrocrésylate de sodium, et cette sensibilité est nettement plus grande immédiatement après la ponte et avant l'éclosion qu'aux autres stades embryonnaires.

(2) *Bulletin of Entomological Research*, déc. 1948, p. 259-383.
(3) *Tijdschr.*, 52, 1946, p. 1-17.

GÉNÉTIQUE. — *Hérédité de la polydactylie chez le Crapaud ordinaire* (Bufo bufo). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai signalé l'an dernier l'existence de la polydactylie naturelle (par bifidité du premier orteil) chez le Crapaud ordinaire ([1]). Sur 7407 individus du sexe mâle, six présentaient cette anomalie aux deux pattes postérieures, et deux à une seule patte. Il m'a été possible, au cours de cet hiver, de faire reproduire deux de ces mâles anormaux, et de constater ainsi la transmission régulière de la polydactylie.

Les animaux ayant été sacrifiés, le sperme fut préparé en écrasant les testicules dans un peu d'eau légèrement salée; avec le sperme de chaque crapaud, on féconda les ovules d'une femelle normale, dont la ponte avait été provoquée par injection d'extrait hypophysaire de l'espèce ([2]).

Dans les deux pontes, le nombre des ovules fécondés fut relativement peu élevé, du fait que les mâles avaient passé huit mois au laboratoire (d'avril 1948 à novembre 1948). De l'une d'entre elles (ponte A), on obtint 298 éclosions; de l'autre (ponte B), 740. Il ne sera question ici que de la première, car la ponte B fournit des anomalies de types divers (albinisme partiel, fusion des narines, etc.), qui feront l'objet d'une prochaine Note.

Très vigoureuses et de grande taille, les larves issues de la ponte A n'accusèrent qu'une très faible mortalité, à peine 5 % dans le premier mois, et pratiquement nulle dans la suite de l'élevage.

Sur 248 larves examinées au début de la métamorphose, j'ai relevé 123 sujets à pattes postérieures normales (cinq orteils) et 125 sujets à polydactylie plus ou moins nette, par bifidité du premier orteil.

La proportion est donc nettement *mendélienne* : elle est très exactement celle qu'on pouvait attendre si le mâle utilisé était hétérozygote pour le gène de polydactylie, et si ce dernier est un gène autosomique *dominant* sur le gène normal.

Il y a de sensibles différences dans l'expression de l'anomalie : chez quelques larves, la polydactylie est limitée à un seul membre; chez d'autres, elle ne se manifeste que par une déformation du premier orteil, aplati en spatule un peu bilobée.

Avec une habitude suffisante, on peut reconnaître la polydactylie assez précocement, rien qu'à l'aspect du bourgeon digital, plus court et comme tronqué.

([1]) J. Rostand, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1224-1225.

([2]) Les mâles polydactyles provenaient du Jura; les femelles normales, de Perpignan.

Parmi les larves anormales, il s'en trouve une qui offre une conformation tout à fait extraordinaire : d'un côté, elle porte *deux pattes* bien formées, dont l'une est normale et dont l'autre se termine *par un double pied*; de l'autre côté, elle porte une patte *à double pied*; soit, en tout, *cinq pieds complets* ([3]).

Il est permis de penser que cette *polymélie* constitue une expression particulièrement forte de la polydactylie ([4]); peut-être est-elle en rapport avec une intervention plus précoce du gène, et, en ce cas, peut-être obtiendrait-on fréquemment la polymélie en retardant artificiellement le développement des larves porteuses du gène anormal. Inversement, l'on empêcherait peut-être la polydactylie de se manifester en accélérant le développement (au moyen de produits thyroïdiens, par exemple). Pour ce qui est de l'accélération du développement, j'ai fait quelques essais dont les résultats paraissent favorables à cette façon de voir, mais ils sont encore trop incomplets pour autoriser une conclusion. De toute manière, nous estimons que la polydactylie du Crapaud fournit un matériel de choix pour l'étude physiologique de l'anomalie, et cela non seulement en raison de la facilité avec laquelle on peut obtenir un nombre illimité de sujets anormaux, mais encore à cause du mode de développement de l'animal qui se prête si favorablement à l'intervention expérimentale.

BIOCHIMIE. — *La décoloration d'*Euglena gracilis *par la streptomycine.* Note de MM. **André Lwoff** et **Pierre Schaeffer**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des cultures d'*Euglena gracilis* additionnées de streptomycine perdent leur chlorophylle à la lumière et restent incapables de verdir en l'absence de l'antibiotique ([1]), ([2]). Nous avons envisagé l'hypothèse que la streptomycine agirait en vertu d'une analogie de structure avec un précurseur de la chlorophylle et que la lésion ou la disparition des plastes pourrait être, en partie au moins, l'effet de la fixation de la streptomycine sur un enzyme plastéen ([2]). Il convenait d'examiner le problème du mécanisme de la décoloration des flagellés et d'essayer de savoir si la streptomycine empêchait la synthèse de la chlorophylle.

([3]) Des précisions seront fournies ultérieurement sur cet animal curieux.

([4]) Chez *Ambystoma*, la polydactylie s'accompagne quelquefois de polymélie. D'après Bishop, elle serait, très vraisemblablement, de nature génétique, mais il n'a pu en donner la preuve, n'ayant pas réussi à faire reproduire ses exemplaires anormaux (*Journal of Heredity*, octobre 1947).

([1]) L. Provasoli, S. H. Hutner et A. Schatz, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 69, 1948, p. 279-282.

([2]) A. Lwoff et P. Schaeffer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 511-513.

Si l'on ensemence une souche verte d'*E. gracilis* dans le milieu suivant : peptone 5^g, KCl 1^g, SO_4Mg $0^g,1$, éthanol 2^{cm^3}, eau bidistillée 1 000, NaOH pour pH 6,8, et que l'on repique la culture à l'obscurité, à 20°, on constate, après deux mois, à l'examen direct à l'œil nu, que les cultures sont blanches. La souche décolorée est alors ensemencée soit dans un milieu témoin sans antibiotique, soit en présence de 500 et 1 000 U de streptomycine par centimètre cube, et maintenue à 20° à l'obscurité. Tous les jours, V gouttes de culture sont prélevées et mises à part, telles quelles, dans un tube (série S); une goutte est ensemencée dans 5^{cm^3} de milieu non additionné de streptomycine (série O); les deux séries S et O sont laissées à la lumière. Les témoins sans streptomycine verdissent en 24 à 48 heures (série S) et font souche de flagellés verts (série O).

Les cultures avec streptomycine conservent également la propriété de verdir durant les 5 premiers jours de contact avec l'antibiotique, et ceci dans les deux séries S et O. Par contre, après 6 jours à l'obscurité en présence de streptomycine, il n'y a plus de verdissement, ni dans les tubes des séries S et O ni au cours des repiquages ultérieurs de la série O, c'est-à-dire en l'absence de streptomycine.

Si l'on veut bien se souvenir que les flagellés peuvent être décolorés par la streptomycine à la lumière, le verdissement de cultures ayant passé 5 jours à l'obscurité en contact avec l'antibiotique et maintenues en sa présence à la lumière peut sembler paradoxal. Mais le blanchiment par la streptomycine à la lumière en milieu peptoné est parfois lent; un pâlissement n'est souvent apparent qu'après 10 à 20 jours dans les conditions de nos expériences. Il peut même arriver que des flagellés s'étant développés à la lumière en présence de 2 000 U de streptomycine par centimètre cube présentent une teinte verte normale et possèdent le nombre de plastes réglementaire. Ces cultures se décolorent cependant toujours au deuxième repiquage, mais seulement en présence de streptomycine; la perte de la chlorophylle à la lumière se produit alors en 4 à 5 jours. De toute façon, le fait que des cultures décolorées par séjour à l'obscurité et laissées en contact 5 jours avec la streptomycine à l'obscurité verdissent à la lumière en présence de l'antibiotique montre que celui-ci ne bloque pas la synthèse de la chlorophylle. Le fait que des flagellés, qui laissés 24 heures de plus à l'obscurité seraient devenus définitivement incapables de synthétiser la chlorophylle, verdissent à la lumière en présence de streptomycine, montre qu'une substance élaborée à la faveur de la photosynthèse, vraisemblablement la chlorophylle, exerce une action protectrice partielle sur les plastes. Rappelons à ce propos que la streptomycine précipite les nucléoprotéines de la chloroplastine ([3]).

([3]) H. v. EULER, M. BRACCO et L. HELLER, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 16-18.

Quel est alors le mécanisme du pâlissement et celui de la perte du pouvoir de synthétiser la chlorophylle? Il semble bien que le pâlissement soit dû à une diminution du nombre des chloroplastes; celle-ci pourrait résulter d'un changement de la vitesse relative de leur multiplication. Mais ce mécanisme, s'il intervient, n'est certainement pas seul en cause. Les flagellés à chlorophylle sont en effet favorisés à la lumière par rapport aux flagellés incolores. On ne s'expliquerait donc pas l'incapacité à reverdir que montrent tous les flagellés d'une culture si la streptomycine ne produisait pas une lésion irréversible des plastes entraînant l'arrêt de leur reproduction. Il arrive en effet que des cultures traitées par la streptomycine à l'obscurité montrent 1 à 4 plastes jaunâtres, cependant incapables de se reproduire, car les cultures repiquées à la lumière dans un milieu sans antibiotique font souche de flagellés incolores. On voit aussi chez des flagellés traités par la streptomycine à la lumière, et en parfait état par ailleurs, des plastes de tonalité verte normale en voie de dégénérescence vacuolaire. La perte du pouvoir de synthétiser la chlorophylle pourrait ainsi être le fait de la disparition des chloroplastes. Mais chez des Euglènes en voie de décoloration à la lumière, on peut constater la présence de petites plaquettes vertes de 3 à 1,2 μ de diamètre, c'est-à-dire beaucoup plus petites que les plastes normaux dont le diamètre varie de 6 à 7,5 μ. En l'absence de chlorophylle, ces plaquettes seraient fort difficiles à reconnaître. On ne peut pas, de toute façon, rejeter l'idée de la persistance, chez les Euglènes incapables de verdir, d'une lignée plastéenne modifiée morphologiquement et biochimiquement de façon irréversible, et qui, du fait de la petite taille de ses éléments constitutifs, pourrait être difficile à mettre en évidence, à l'instar des leucoplastes de certains végétaux supérieurs que l'on ne peut distinguer microscopiquement des mitochondries ([4]).

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur une réaction permettant de distinguer les mycobactéries virulentes des mycobactéries avirulentes.* Note de M. **Paul Hauduroy** et Mlle **Yvonne Postenak**, présentée par M. Joseph Magrou.

R. Dubos ([1]) a récemment indiqué une réaction qui permettrait de révéler certaines propriétés cytochimiques particulières aux différents types de bacilles tuberculeux et de distinguer ainsi les souches virulentes des souches avirulentes.

Les cellules bactériennes lavées à plusieurs reprises dans de l'alcool méthylique à 50 % sont mises en suspension dans une solution aqueuse, contenant 5 % de NaCl et 1 % de barbiturate de sodium (ou d'un autre tampon alcalin).

([4]) Un mémoire paraîtra prochainement dans les *Annales de l'Institut Pasteur.*

([1]) *American Review of Tuberculosis*, 58, déc. 1948.

A cette solution on ajoute une petite quantité de solution aqueuse de rouge neutre. Ce produit passe immédiatement du rouge au jaune. En 5 à 30 minutes les bacilles en suspension dans le mélange se colorent en rouge s'ils sont virulents, en jaune s'ils sont avirulents.

R. Dubos a opéré sur 22 souches de bacilles tuberculeux humains (souches H 37 Ra et H 37 Rv comprises) et bovins (B. C. G. compris) et a toujours constaté une concordance de sa réaction avec la virulence du bacille étudié.

Nous avons repris l'étude de cette réaction et nous avons examiné : 58 bacilles tuberculeux humains récemment isolés de produits pathologiques, 5 bacilles tuberculeux d'origine bovine, 4 bacilles tuberculeux d'origine aviaire, 67 bacilles *paratuberculeux* d'origines diverses (sol, fumier, smegma, etc.).

Tous les bacilles tuberculeux humains et bovins dont la virulence est incontestable se sont colorés en rouge-pourpre comme l'indique Dubos, et ont conservé cette coloration après 24 heures. Les quatre bacilles aviaires étudiés se sont colorés en rouge-pourpre dans un délai de 30 minutes environ, mais trois d'entre eux ont perdu cette coloration en 24 heures et se sont alors colorés en jaune.

Tous les bacilles *paratuberculeux* étudiés se sont colorés en jaune dans un délai de 30 minutes, cette coloration restant stable.

La réaction ne semble pas dépendre du milieu dans lequel sont cultivés les germes (milieu de Löwenstein, de Dubos, milieux ordinaires pour les bacilles paratuberculeux). Nous avons examiné des souches de bacilles tuberculeux sensibles ou résistantes à la streptomycine : elles se sont comportées de la même façon, ce qui confirmerait l'opinion que virulence et résistance aux antibiotiques sont des qualités indépendantes.

Dans la limite de nos essais, nous pouvons donc confirmer la valeur de la réaction indiquée par Dubos que nous nous proposons de contrôler sur une échelle plus vaste étant donnée son importance.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *De quelques phanérogames douées de propriétés antibiotiques* in vitro. Note (*) de MM. **Auguste Sartory, André Quevauviller** et **Pierre Richard**, présentée par M. René Souèges.

L'étude de l'action antibiotique des végétaux supérieurs sur les microbes a déjà fait l'objet de nombreuses recherches. On en trouvera une excellente vue d'ensemble dans un article récent de D. Vincent (1). Nous apportons ici notre

(*) Séance du 21 février 1949.

(1) *Produits pharmaceutiques*, 3, nos 8 et 9, 1948, p. 341 et 391.

contribution à ce problème. Des extraits aqueux ou alcooliques ont été préparés, selon les procédés indiqués dans la thèse que va soutenir l'un de nous [2], à partir de 300 plantes fraîches ou sèches. L'action antibiotique éventuelle a été étudiée par la méthode de Heatley et vérifiée par la méthode des dilutions, sur les quatre Bactéries suivantes : *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas æruginosa*, *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis*. Des essais complémentaires ont porté sur : *Eberthella typhosa*, *Bacillus megatherium*, des germes du groupe diphtérique, etc.

Nous ne donnons ici que la liste des phanérogames qui, au cours de nos essais, ont révélé des propriétés antibiotiques *in vitro*, non encore mises en évidence par ces techniques, à notre connaissance.

Nous les classons en quatre groupes selon leur activité antimicrobienne vis-à-vis du *Staphylococcus aureus*.

PREMIER GROUPE. — 0,5 à 1 unité Oxford par centimètre cube d'extrait [3] :

Anthemis nobilis L. (Composées).............	également	active	sur	P. C.
Anthemis tinctoria L. (Composées)............	»	»		P.;
Balsamita suaveolens Pers. (Composées).......	»	»		P. C.;
Carduus crispus L. (Composées)...............	»	»		C. Pn.
Chrysanthemum cineriæfolium Vis. (Composées).	»	»		P. C. S. D. M.
Anemone nemorosa L. (Renonculacées)........	»	»		P. C. D. T.
Sisymbrium Alliaria Scop. (Crucifères)	pas active	sur les	autres	microbes étudiés.
Hypericum perforatum L. (Hypéricacées).	»	»	»	»
Ajuga Chamæpytis Schreb (Labiées)...	»	»	»	»
Ajuga reptans L. (Labiées)............	»	»	»	»

DEUXIÈME GROUPE. — 0,25 unité Oxford par centimètre cube d'extrait.

Xanthium spinosum L. (Composées).......	également	active sur	C.
Cichorium Intybus L. (Composées).........	»	»	C.
Hieracium Pilosella L. (Composées)........	»	»	C. S.
Matricaria Chamomilla L. (Composées).....	»	»	C.
Tussilago Farfara L. (Composées).........	»	»	P. C.
Euphorbia Lathyris Scop. (Euphorbiacées)..	»	»	P. C. M.
Lavendula vera DC. (Labiées).............	»	»	P. C.
Lythrum Salicaria L. (Lythracées).........	»	»	C.

(2) P. RICHARD, *Contribution à l'étude des Phanérogames antibiotiques* (*Thèse Doct. Univ. Pharm.*, Paris, 1949).

(3) St = *Staphylococcus aureus*; P = *Pseudomonas æruginosa*; C = *Escherichia coli*; S = *Bacillus subtilis*; M = *Bacillus megatherium*; Pn = *Klebsiella pneumoniæ*; D = *Corynebacterium diphteriæ*; T = *Ebertella typhosa*.

Polygonatum vulgare Desf. (Liliacées).....	également active sur P. C. M.
Rumex Acetosella L. (Polygonacées)........	» » P. C.
Achillea Millefolium L. (Composées).......	pas active sur les autres microbes étudiés.
Dipsacus sylvestris Mill. (Dipsacées)........	» »
Gentiana germanica L. (Gentianacées).....	» »
Brunella vulgaris L. (Labiées).............	» »
Althæa officinalis L. (Malvacées)...........	» »
Agrimonia odorata Mill. (Rosacées)........	» »
Agrimonia Eupatoria L. (Rosacées)........	» »
Asperula odorata L. (Rubiacées)..........	» »

Troisième groupe. — 0,10 unité Oxford par centimètre cube d'extrait.

Arnica montana L. (Composées)...........	également active sur C.
Artemisia Absinthium L. (Composées)......	» » C.
Inula Helenium L. (Composées)...........	» » C. S.
Cirsium lanceolatum Scop. (Composées)....	» » C. S.
Geranium pyrenaicum L. (Géraniacées)....	» » P. C.
Lamium Galeobdolon Cr. (Labiées)........	» » D.
Sedum Cepæ L. (Crassulacées).............	pas active sur les autres microbes étudiés.
Sedum reflexum L. (Crassulacées).........	» »
Chlora perfoliata L. Willd. (Gentianacées)..	» »
Cicendia pusilla Grisel. (Gentianacées).....	» »
Betonica officinalis L. (Labiées)............	» »

Quatrième groupe. — Inférieure à 0,1 unité Oxford par centimètre cube d'extrait.

Symphytum officinale L. (Boragacées)... ..	également active sur C.
Calendula arvensis L. (Composées).........	» » C. S.
Gaillardia aristata Pursh. (Composées)....	» » S. M. D.
Oxalis Acetosella L. (Oxalidacées).........	» » C.
Galium Cruciata Scop. (Rubiacées)........	» » C. S. T. M.

Parmi les plantes les plus actives, retenons certaines Camomilles, Matricaires et Pyrèthres, la Balsamine odorante, le Chardon crépu, l'Alliaire, le Millepertuis, la Piloselle, le Millefeuille, le Tussilage, etc. Or, ces plantes ne sont pas toutes à essence. Il est donc possible que certaines d'entre elles contiennent des substances proprement antibiotiques que la chimie extractive permettra peut-être d'isoler.

IMMUNOLOGIE. — *Effet des injections de rappel sur le taux des anticorps des molécules organiques de faible poids moléculaire.* Note (*) de MM. **Jean Loiseleur, Robert Wahl** et Mlle **Muguette Sauvage**, présentée par M. Jacques Trefouël.

On sait (1) que les molécules organiques de faible poids moléculaire entraînent, à condition que la méthode de préparation des animaux soit adaptée à la grande diffusibilité de l'antigène, la formation d'anticorps, apparaissant 3 à 4 jours après la cessation des injections préparantes, et décelables par la méthode de viscosité. La sensibilité de cette technique augmente si l'on opère sur la γ-globuline où l'anticorps est localisé; on constate alors la persistance de l'anticorps pendant quelques semaines (2 à 5 et même plus, selon le pouvoir antigène de la molécule organique expérimentée), souvent accompagnée du pouvoir floculant. Nous apportons ici l'observation du relèvement du taux de l'anticorps quand l'animal, laissé au repos pendant quelques semaines après la période initiale de préparation, subit à nouveau l'injection d'une faible dose d'antigène.

Nous avons opéré avec des antigènes très divers : saccharose, lactate, tartrate, salicylate de Na, véronal, alanine. Le Lapin subit d'abord, pendant une durée de 11 à 24 jours une préparation initiale par une forte dose d'antigène (dose variant de 4 à 25g selon l'antigène). Après une période de repos, l'animal est à nouveau traité par l'antigène, mais avec une dose beaucoup plus faible. Dans les premières expériences, ces doses étaient le dixième de l'injection préparante. Puis nous avons progressivement diminué à la fois le nombre des injections ainsi que le poids total d'antigène : les expériences nos 8, 9, 10, 11, sur quatre lapins préparés initialement avec un même poids de salicylate de Na, montrent qu'une seule réinjection de l'antigène, avec une dose 22 fois plus faible que l'injection initiale, entraîne un relèvement de 166 % du taux des anticorps.

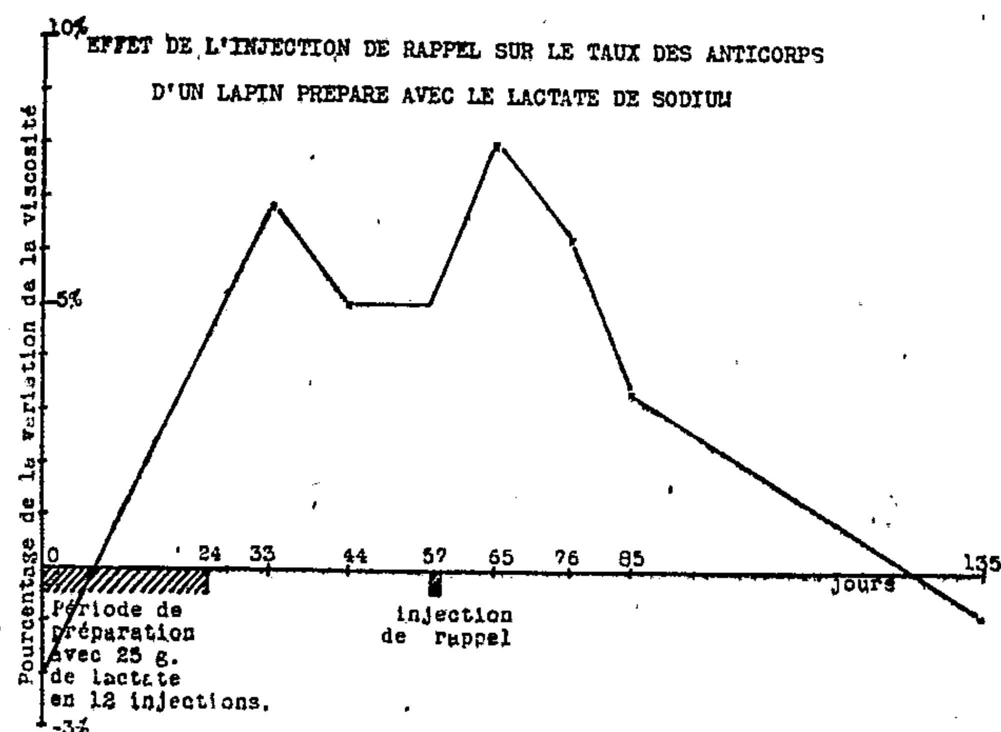
Le tableau reproduit l'ensemble de nos expériences. On constate que le second traitement par l'antigène entraîne toujours une augmentation (parfois considérable) du taux des anticorps.

La courbe reproduit l'ensemble de l'une des expériences (avec le lactate de Na). 9 jours après la période de préparation (42 injections de 25g de lactate

(*) Séance du 21 février 1949.

(1) J. Loiseleur, *Comptes rendus*, **122**, 1946, p. 159, 461, 978 et 1013; **226**, 1948, p. 1861 et 1927.

à un lapin de 2^{kg}), la présence de l'anticorps entraîne une augmentation de 6,8 % de la viscosité de la γ-globuline. Après un repos de 10 jours, le taux de l'anticorps a diminué et l'épreuve de viscosité n'enregistre plus qu'une aug-



mentation de 5 %. Un second traitement, dix fois plus faible que le traitement initial (2^{g},4 de lactate en 4 injections), entraîne le relèvement à 8 % du test de viscosité, c'est-à-dire une augmentation de 60 % du taux des anticorps.

Augmentation du taux des anticorps consécutivement à un second traitement par une faible dose d'antigène.

		Préparation initiale de l'animal.				Période de repos.		Injection de rappel.				
N°.	Antigène.	Durée.	Nombre d'injections préparantes.	Poids total d'antigène injecté.	Taux du test de viscosité.	Temps écoulé depuis la fin de la préparation initiale.	Taux du test de viscosité.	Nombre d'injections.	Poids total d'antigène injecté.	Jours écoulés depuis le rappel.	Taux du test de viscosité.	Augmentation consécutive.
1	Lactate de Na...	22^{j}	42	25^{g}	+ 6,8	23^{j}	+5	4	2^{g},4	7^{j}	+ 8	+ 60 %
2	Saccharose.....	13	26	16	+ 7,3	23	+7,3	3	0,37	3	+12,5	+ 57
3	Alanine........	13	26	5	+ 7,5	23	+5	2	0,3	4	+ 8	+ 60
4	Phénol........	22	42	8,4	+ 8,5	33	+1,7	4	0,8	7	+ 7,2	+323
5	Hydroquinone..	11	21	2,8	+ 9,3	18	+9,3	4	0,5	21	+11,7	+ 15
6	Tartrate de Na..	13	26	14,1	+11,5	23	+5,8	3	0,37	2	+10	+ 72
7	Véronal.......	24	42	4,2	+3,2	33	+3,3	4	0,4	18	+ 8,1	+153
8	Salicylate de Na.	14	22	8,2	+4,9	12	+4,9	4	1,5	10	+ 9	+ 83
9	» .	14	22	8,2	+3,1	12	+3,1	2	0,75	10	+ 6,8	+119
10	» .	14	22	8,2	+2,7	12	+2,7	1	0,37	10	+ 7,2	+166
11	» .	14	22	8,2	+6,4	12	+6,4	1	0,075	10	+ 8	+ 25

En résumé, à côté des propriétés antigéniques déjà signalées, les antigènes de faible poids moléculaire reproduisent l'un des phénomènes qui caractérise le mieux les antigènes protéidiques : l'action des injections de rappel.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place vacante dans la Section des Applications de la Science à l'Industrie, par le décès de M. *Louis Lumière*, présente la liste suivante :

En première ligne	M. **Hippolyte Parodi**.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique* . . .	MM. **Paul Bloch-Dassault**. **Paul Dumanois**. **André Léauté**.
En troisième ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique* . . .	MM. **Édouard Belin**. **Jean Fieux**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h40m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 12 mai 1947.)

Note présentée le 17 mars 1947, de M. *Dragolioub Milosavliévitch*, Détermination de la liaison entre la pression et la température d'ébullition correspondante :

Page 1345, avant-dernière ligne, *au lieu de*

$$\frac{d(lnx)}{b - m(lnx - x)} = \frac{dT}{d}, \qquad \textit{lire} \qquad \frac{d(lnx)}{b - m(lnx - x)} = \frac{dT}{T}.$$

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 MARS 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Pekka Myrberg**, Professeur à l'Université d'Helsinki, qui assiste à la séance.

GÉOLOGIE. — *Sur un mode particulier de charriage.*
Note de M. **Paul Fallot** et M[lle] **Anne Faure-Muret.**

Dans une Note précédente (1) nous avons montré que le vallon de Roya révèle une fenêtre d'un type anormal en ce que la série chevauchante se prolonge aussi bien à l'arrière qu'à l'avant par des assises continues qui ont toutes les apparences de l'autochtonie. On ne peut donc interpréter son mécanisme selon les modalités classiques.

Nous croyons qu'il s'agit là de l'exagération du phénomène défini en 1900 par M. Lugeon (2) sous le nom de plissements disharmoniques.

On peut, en effet, concevoir au départ un petit pli déversé ou couché, né à la partie inférieure d'une série de couverture et n'en affectant que les assises les plus basses, alors que, dans les plus élevées, pour peu qu'elles offrent les propriétés mécaniques voulues, la déformation s'atténue graduellement jusqu'à disparaître.

Si cet accident profond s'exagère, le flanc renversé s'étire ou se rompt, donnant une écaille dont le Trias basal repose jusque sur le plus élevé des horizons intéressés par la disharmonie. Dans le cas de Roya, c'est le Néocomien qui est le dernier niveau à participer au phénomène, sauf à l'extrême front où l'Aptien-Albien est localement impliqué. Les couches plus récentes ne sont plus déformées et conservent leur apparence tranquille.

Une telle disposition ne saurait résulter d'efforts appliqués à la seule tranche des couches affectées par l'accident car, par frottement et inertie, le complexe

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 523.
(2) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, 11, 1899-1900, p. 90.

supérieur, non plissé, s'opposerait à toute déformation de quelque ampleur.

Par contre, le phénomène se conçoit si c'est l'ensemble de la série de couverture qui se déplace. Il suffit que des irrégularités du socle provoquent un grippement local pour que, freinés, les termes inférieurs se redoublent et se cisaillent dès lors que continue le mouvement des assises plus élevées. Celles-ci, tranquilles en apparence, subissent un transport en bloc et leur comportement demeure celui d'une série autochtone peu ou pas disloquée.

En fait, au voisinage du front de l'écaille profonde, il se produira tout de même des dislocations. La partie supérieure de la série, qui forme le flanc normal de l'élément chevauchant et le prolonge vers l'avant, se trouvera en avance sur les horizons qui demeurent solidaires du substratum de l'écaille. Outre les intenses froissements de couches avoisinants le front, des décollements, ou laminages différentiels devront se produire en compensation.

Ainsi dans le Haut Tuébi, au-dessus du pli couché, et en avant de son front, les marnes aptiennes sont pratiquement invisibles sur plus de 2^{km}, réduites à l'extrême ou étirées. On ne les retrouve qu'au pied Sud de la Tête de Méric. Le Cénomanien-Turonien comporte de nombreux plissotements et surfaces de rabotage. Dans les assises supérieures de la série, enfin, la crête de Rognone montre le Nummulitique creusé d'un pli asymétrique qui n'affecte qu'à peine le Sénonien, et pas du tout les assises plus anciennes : le Tertiaire est à son tour décollé, mais faiblement, de son substratum.

Dans ce type de charriage, il n'y a pas d'avant pays au sens classique du terme. Il n'y a pas d'arrière-pays. La partie de la série de couverture qui a subi la translation totale a provoqué le chevauchement profond, en jouant le rôle d'un traineau sinon écraseur, du moins entraîneur.

En surface, lorsque l'érosion ne creuse pas suffisamment, rien ne décèle cette particularité tectonique. Mais si, comme à Roya, une vallée atteint les parties profondes, elle révèlera, dans une fenêtre d'un genre spécial, le chevauchement (pli couché ou écaille) qui est ainsi né comme entre cuir et chair. Pour évoquer ce mécanisme, nous donnerons aux dislocations qui ont cette origine le nom d'*intercutanées*.

L'amplitude d'un tel phénomène ne peut dépasser certaines proportions. Elle est en effet limitée par la possibilité des décollements compensant à l'avant du front, dans les assises inertes, le chevauchement profond.

Dans le cas de Roya, le maximum visible de ce chevauchement est de 6^{km}. Mais on n'en voit pas la limite interne. L'ampleur vraie de l'écaille intercutanée paraît toutefois pouvoir être inférée de l'allure des dislocations qui affectent localement la couverture, ailleurs si peu accidentée.

Aux abords de la vallée de la Tinée, entre Roya et Saint-Étienne, nous n'avons pas trouvé trace de l'accident. Au Nord de Roya vers la baisse du Colombier, la série inférieure s'effile et ne doit pas atteindre le revers septentrional de la crête. Plus au Nord-Ouest, la série de couverture est affectée de

replis importants dans le massif de Las Donnas, puis d'un petit chevauchement, poussé du Nord au Sud, dont l'ampleur est de l'ordre de 2^{km} et qui, naissant à l'Ouest d'Auron, passe au Ciavalet pour s'éteindre vers l'Ouest dans le massif de Triboulet ([3]). On est en droit de penser que ces dislocations sont dues à l'existence en profondeur de l'espèce de loupe formée par l'écaille intercutanée sur le contour apparent de laquelle se sont localisés et moulés les accidents superficiels. Si cette interprétation, qui rend aussi compte des directions aberrantes des déformations du secteur Ciavalet-Las Donnas, est admise, on conclura que, en profondeur, la limite du chevauchement intercutané passe à peu près selon la ligne Baisse du Colombier-Ciavalet-Triboulet.

Plus à l'Ouest, la série, de couverture, puissante, régulière, alourdie dès le Nord-Ouest du vallon de Demandols par sa cuirasse de grès d'Annot, ne fournit plus d'indices. Peut-être toutefois la grande faille de tassement qui s'allonge du Sud des Trois Hommes au col coté 2463 (Sud du Riounet), est-elle commandée par le rebord interne de l'accident. L'extension transversale du chevauchement profond serait alors de l'ordre de 7^{km} sous le Ciavalet et se réduirait graduellement vers l'Ouest. Sa longueur est inconnue, puisque ses accidents frontaux disparaissent sous la série de la Cime de Pal et de Gialorgues. Tout au plus peut-on estimer qu'elle doit être de l'ordre de 12 à 15^{km}.

Tel qu'il est défini ici, un chevauchement intercutané implique obligatoirement le déplacement d'ensemble de la série de couverture décollée, à la base de laquelle il naît, et ce déplacement doit être au moins égal à la somme des chevauchements observés.

Si, depuis plusieurs années, l'idée de cette modalité tectonique s'imposait à nous comme la seule explication possible des accidents profonds de Roya, il nous manquait la preuve formelle du décollement et de la translation générale de la couverture à l'avant et aux alentours du secteur où règnent les chevauchements intercutanés.

Les conclusions tirées ([4]) des résultats obtenus par l'équipe que nous formons avec P. Bordet, M. Lemoine, G. Suter, conclusions qui coïncident partiellement avec celles de J. Goguel ([5]) publiées simultanément, apportent cette preuve.

La série de couverture s'est déplacé vers le Sud-Sud-Ouest d'une quantité au moins deux à trois fois plus grande que l'ampleur de l'écaille intercutanée dont la genèse par le mécanisme invoqué apparaît donc comme vraisemblable.

([3]) P. Fallot, A. Faure-Muret et B. Gèze, *Bull. Soc. Géol. France*, 5e série, **16**, 1946, p. 121-132.

([4]) P. Fallot et A. Faure-Muret, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 616.

([5]) *Ibid.*, p. 698.

Nous ignorons si l'accident de Roya est unique ou s'il est relayé plus au Nord par des dislocations analogues ([6]).

Le processus inattendu de charriage qu'il révèle apporte une illustration particulièrement suggestive à la notion des disharmonies de plissements établie voici 50 ans par M. Lugeon (*loc. cit.*, p. 110). Elle rejoint du même coup cette vue prophétique du grand tectonicien qui écrivait alors : « Des mouvements profonds d'une grande intensité peuvent donc exister dans la croûte terrestre sans qu'un phénomène extérieur les trahisse ».

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Cicer arietinum *L.* Note de M. **René Souèges**.

Le *Cicer arietinum* se sépare de toutes les autres Viciées par ses feuilles composées-imparipennées, la foliole terminale ne se métamorphosant ni en vrille ni en simple mucron; il s'en distingue encore par le style glabre et la gousse renflée 2-sperme. L'étude des lois du développement de l'embryon vient accroître cette séparation et lui donner un caractère vraiment essentiel, en démontrant que l'embryon, chez cette plante, s'édifie selon un plan architectural qui n'a été observé jusqu'ici chez aucune autre Papilionacée et qui témoigne d'une origine spécifique, pour le moment, tout à fait impénétrable. L. Guignard, en 1881 ([1]), a donné sur l'embryon de la Cicérole des détails certainement excellents, qui n'apportent cependant aucune précision sur la marche de la segmentation.

Il se forme toujours une tétrade *première* linéaire de la catégorie C_2 (*fig.* 3). Les deux cellules inférieures de cette tétrade, *m* et *ci*, originaires de la cellule basale du proembryon bicellulaire, se segmentent à leur tour transversalement (*fig.* 5 à 7); la cellule-fille supérieure de *m* peut encore se diviser transversalement (*fig.* 10 et 11), mais, en général, elle se segmente longitudinalement, comme sa sœur et comme la cellule-fille supérieure de *ci*. Tous les éléments issus de *cb* produisent la partie inférieure, la plus étendue, du suspenseur, les cloisons se succédant, en règle générale, en direction basipète dans les éléments les plus inférieurs, tandis que des parois longitudinales s'établissent dans les cellules ainsi supérieurement détachées. Les deux cellules juxtaposées qui prennent naissance de la sorte ne subissent pas de nouvelles divisions.

L'élément *cd* de la tétrade peut se partager par une paroi longitudinale (*fig.* 4, 8, 9 et 12) ou transversale (*fig.* 6, 10 et 11). Dans le premier cas, les deux cellules juxtaposées engendrées demeurent généralement indivises; demeurent également indivises les deux paires cellulaires engendrées, dans le deuxième cas, par cloisonnement vertical des deux éléments superposés. Tous ces éléments entrent dans la construction du suspenseur.

L'élément *cc*, se divisant transversalement, donne naissance aux deux cellules *ce* et *cf*

([6]) En Provence, le dispositif baptisé sous-chevauchement par Léon Bertrand, procède d'un mécanisme tout différent, à en juger d'après ses descriptions (*Histoire du sol français*, 2, Paris, 1946, p. 290).

([1]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e série, 12, 1881, p. 70.

(*fig.* 7 et suiv.). En 7, la division de *cc* a précédé celle de *cd*. Le blastomère *cf* se segmente bientôt longitudinalement pour donner une nouvelle dyade qui entre à son tour dans la constitution du suspenseur (*fig.* 15 et suiv.). Le blastomère *ce* représente la cellule embryonnaire proprement dite. Il prend, en règle générale, une cloison transversale séparant les deux éléments *cg* et *ch* (*fig.* 20 et 21); quelquefois cependant la cloison est plus ou moins oblique. Dans ce dernier cas, aux divisions suivantes, se constituent quatre éléments nettement groupés en tétraèdre (*fig.* 23), homologues de quadrants, qui, plus tard, par segmentation à peu près transversale des deux éléments juxtaposés du groupe tétraédrique (*fig.* 23 à gauche et *fig.* 24 à droite) font apparaître une disposition en deux

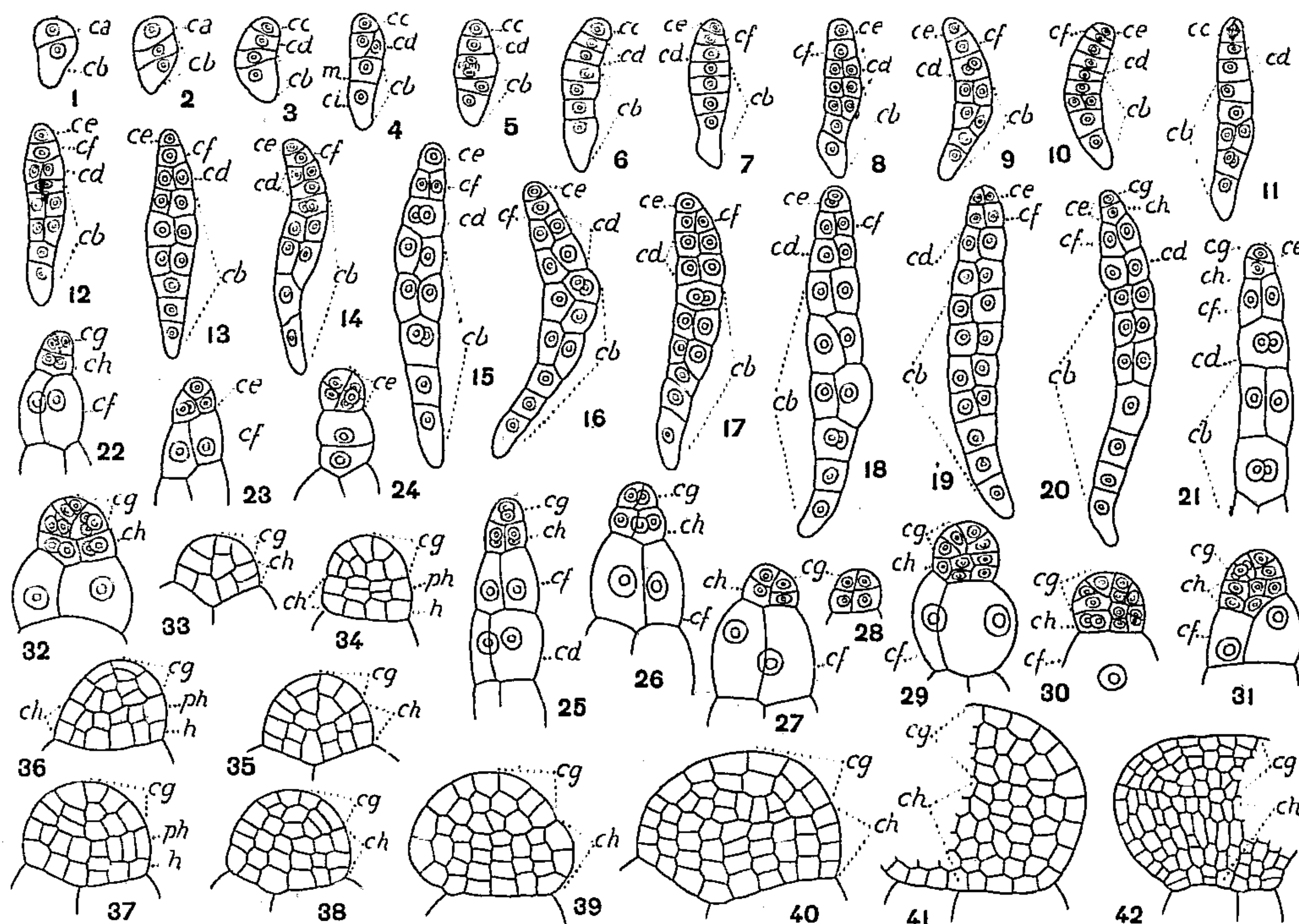


Fig. 1 à 42. — *Cicer arietinum* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou portion inférieure du suspenseur; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca*, donnant une ou deux dyades du suspenseur; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca*; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* engendrant la dyade supérieure du suspenseur; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou cellule embryonnaire proprement dite; *cg*, cellule-fille supérieure de *ce* ou partie cotylée; *ch*, cellule-fille inférieure de *ce* donnant la partie hypocotylée, *ph*, et le massif hypophysaire, *h*. En 27 et 28, deux coupes voisines d'un même proembryon. G. = 280; 160 pour la figure 42.

étages peu différente de celle qui se produit dans le cas des deux éléments superposés *cg* et *ch*. Les figures 22, 25 et 26 montrent nettement comment se segmentent ces deux derniers blastomères; ils produisent chacun, par divisions verticales, d'abord deux éléments qui représentent des quadrants répartis en deux étages, puis quatre autres éléments qui correspondent à de véritables octants (*fig.* 27 et 28). La première cloison est souvent oblique dans *cg* et suivie, dans le plus grand des deux blastomères qu'elle sépare, d'une paroi anticline à direction horizontale; mais il est difficile d'affirmer que ces deux cloisons (*fig.* 29, 30, 31 et 32) conduisent à la différenciation d'une véritable cellule épiphysaire.

Les figures 29 et 31 montrent nettement que les premières cloisons sont anticlines dans

les octants supérieurs; des cloisons périclines leur succèdent bientôt (*fig.* 32, 34 à 36). Finalement ces octants donnent naissance à la partie cotylée *sensu lato*. Dans les octants inférieurs, les premières cloisons sont transversales ou longitudinales (*fig.* 29, 30, 31 et 33); quand des cloisons transversales se sont établies dans toutes les cellules, celles-ci se trouvent partagées en deux assises, *ph* et *h* (*fig.* 34, 36 et 37), représentant l'une la partie hypocotylée, l'autre le massif hypophysaire. Bientôt ces deux régions se confondent; il devient même difficile de les distinguer de la partie cotylée (*fig.* 23 à 41). C'est seulement au moment où naissent les protubérances cotylédonaires, que l'on peut déceler les premiers indices de la différenciation des histogènes (*fig.* 42).

Comme on le voit, l'embryon proprement dit se développe, chez le *Cicer arietinum*, aux dépens de la cellule *ce*, fille supérieure de l'élément *cc* de la tétrade première. C'est en réalité à cet élément *cc* que s'appliquent les lois du développement, puisque, comme le démontre le *principe de la correspondance des formes*, cet élément engendre deux cellules superposées (*ce* et *cf*) à la première génération, une tétrade linéaire de la catégorie C_1 à la deuxième, et, par division des deux éléments supérieurs de la tétrade, quatre quadrants à la troisième génération (*fig.* 22), huit octants à la quatrième (*fig.* 27 et 28).

La cellule *cc* étant fille de *ca* et petite-fille de l'œuf, les types embryonomiques, définis en la prenant comme point de départ, viennent nécessairement prendre place dans la troisième période du système embryogénique. Dans cette période, le *Cicer* doit être rapporté au mégarchétype VI, puisque la cellule *cf*, qui se comporte comme la cellule *cb* dans la première période et la cellule *cd* dans la deuxième, donne naissance uniquement à une portion du suspenseur. Le *Cicer* doit encore être rattaché à un groupe embryogénique qui trouve son correspondant, à la deuxième période, soit dans celui du *Pisum sativum* ([2]), par sa tétrade *troisième* de la catégorie B_1, soit, d'une façon générale, dans celui de l'*Ervum hirsutum* ([3]), par sa tétrade *troisième* de la catégorie C_1, soit enfin dans celui du *Fumaria officinalis* ([4]), par ses formes offrant en *cg* (en *ce* chez le *Fumaria*) une cloison oblique avec différenciation d'une cellule épiphysaire.

Les lois qui viennent de servir à la définition du type embryonomique du *Cicer arietinum* ont toujours permis d'interpréter rationnellement le mode de construction des nombreuses formes embryonnaires observées.

M. **Thomas Wallace** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Masters memorial lectures*, 1948 : *Nutrition problems of horticultural plants, with special reference to trace elements.*

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 802.
([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 838.
([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 528 et 699.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Applications de la Science à l'Industrie, en remplacement de M. *Louis Lumière,* décédé.

Le nombre des votants étant 61, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages	
	1er tour.	2e tour.
M. Hippolyte Parodi............	16	32
M. Paul Bloch-Dassault.........	20	19
M. André Léauté................	13	8
M. Paul Dumanois..............	8	1
M. Édouard Belin..............	4	1

M. **Hippolyte Parodi** ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Maurice de Broglie** et **André Danjon** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à Beaumont-en-Auge, le 3 avril 1949, pour commémorer le deux-centième anniversaire de la naissance de Laplace.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de Zoologie (Mammifères et Oiseaux), vacante au Muséum National d'Histoire Naturelle.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Académie des Sciences de l'U. R. S. S. : *La Mécanique de Léonard de Vinci,* par M. A. Goukovsky. — *Géométrie descriptive,* par Gaspard Monge. — *Théorie de la figure de la Terre tirée des principes de l'Hydrostatique,* par Alexis Clairaut. — *Experimental researches in electricity,* par Michael Faraday. — *Isaac Newton,* par Serge Ivanovitch Vavilov. — *Gaspard Monge,* par Vladimir Ivanovitch Smirnov. — *Ivan Petrovitch Pavlov,* par Ezras Asratovitch Asratian. — *Biographie de l'Académicien Pavlov,* par Katchatour Sedrakovitch Kochatoianz et une série de publications (imp. en langue russe).

THÉORIE DES NOMBRES. — *Géométrie des nombres d'ensembles non convexes.* Note de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure ([1]) dont nous conservons les définitions et les notations. Démontrons que $\psi(n) = 2^{(n-1)/2}$:

Soient $x_1, \ldots, x_n$ des nombres réels, avec $0 < x_1 \leqq x_2 \leqq \ldots \leqq x_n < +\infty$. Appelons suite auxiliaire permise (pour la suite x_h) toute suite $y_1, \ldots, y_n$ telle que $0 < y_h \leqq x_h$ $(h = 1, \ldots, n)$ et que $y_{h+1}y_h^{-1}$ soit entier $(h = 1, \ldots, n-1)$ et posons

$$\begin{aligned} r(p, q) &= [\log(x_q x_p^{-1})(\log 2)^{-1}] && (1 \leqq p \leqq q \leqq n), \\ r(p, q) &= -r(q, p) - 1 && (1 \leqq q < p \leqq n), \\ y_h^{(k)} &= 2^{r(k,h)} x_k && (h, k = 1, \ldots, n), \end{aligned}$$

$$\varphi_k = \varphi_k(x_1, \ldots, x_n) = \prod_{h=1}^{n} x_h (y_h^{(k)})^{-1}.$$

On vérifie immédiatement que les suites $y_1^{(k)}, \ldots, y_n^{(k)}$ sont des suites auxiliaires permises pour la suite $x_1, \ldots, x_n$, et que le produit des φ_k est égal à $2^{n(n-1)/2}$, de sorte qu'au moins un des φ_k est $\leqq 2^{(n-1)/2}$. Ce qui montre que $\psi(n) \leqq 2^{(n-1)/2}$.

Prenons d'autre part la suite $x_h = 2^{(h-1)/2}$. On vérifie aisément que les suites auxiliaires permises z_h, donnant à $\prod_h x_h z_h^{-1}$ sa valeur minima, sont dans ce cas les suites $y_h^{(k)}$ définies ci-dessus, de sorte que $\psi(n) \leqq 2^{(n-1)/2}$, d'où le résultat annoncé.

Théorème. — *L'anomalie d'un ensemble de* R^n (*étoilé par rapport à l'origine*) *est* $\leqq 2^{(n-1)/2}$. *Il existe dans* R^n *des ensembles étoilés* (*resp. étoilés bornés et réguliers*) *ayant une anomalie égale à* (*resp. arbitrairement voisine de*) $2^{(n-1)/2}$.

La première partie de l'énoncé résulte du lemme démontré ci-dessus et de la Note citée puisque nous y démontrons que l'anomalie d'un ensemble étoilé de R^n est toujours $\leqq \psi(n)$. Pour démontrer la seconde partie, considérons dans R^n le réseaux Z^n des points à coordonnées entières. A tout élément primitif $z \in Z^n$ de coordonnées $z_1, \ldots, z_n$, nous associons la demi-droite A_z formée de tous les points λz avec $\lambda \geqq 2^{(1-h)/n}$, h étant le plus petit entier tel que $z_k = 0$ pour tout $k > h$. Soit U la réunion de ces demi-droites et S le complémentaire de U. On a par construction $\mu_h(S, Z^n) = 2^{(h-1)/n}$ $(h = 1, \ldots, n)$. Soit G un réseau tel que $S \cap G = \{O\}$ et de déterminant $m(G)$ minimum. On montre que

---

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 747-749. Dans cette Note, lignes 13 et 14 lire :

$$\gamma(S) = \operatorname*{Sup}_{G \in \Gamma} (m(G))^{-\frac{1}{n}} \mu_1(S, G), \qquad \rho(S) = \operatorname*{Sup}_{G \in \Gamma} (m(G))^{-1} \prod_{h=1}^{n} \mu_h(S, G).$$

pour au moins une valeur de h, les points primitifs de G tels que $x_k = 0$, $k > h$ et $x_h \neq 0$ minimal, sont à l'origine de la demi-droite A qui porte chacun d'eux. En étudiant les réseaux ayant cette propriété pour les différentes valeurs de h on montre que $m(G) \geqq$ (donc $=$) 1. D'où $\gamma(S) = 1$ et $\alpha(S) \geqq \prod_{h=1}^{n} \mu_h = 2^{(n-1)/2}$ et par conséquent l'anomalie $\alpha(S)$ de S est égale à $2^{(n-1)/2}$.

D'autre part si $A_{z,0}$ est l'ensemble des y tels qu'il existe $x \in A_z$ avec $|y - x| \leqq \theta |z \mu_h^{-1} - x|$, U_0 la réunion des $A_{z,0}$ et S_0 le complémentaire de U_0, S_0 pour $\theta > 0$ est un ensemble étoilé borné et régulier [i.e. qui peut être défini par une équation $f(y) < 1$, f positivement homogène *continue*]. Si la norme utilisée est $|t| = \text{Max}\,|t_i|$, S_0 est un domaine polyédral. On montre aisément que $\lim_{\theta \to 0} \gamma(S_0) = \gamma(S)$ et $\lim_{\theta \to 0} \mu_h(S_0, Z^n) = \mu_h(S, Z^n)$ et que par conséquent pour θ assez petit l'anomalie de S_0 est arbitrairement voisine de $2^{(n-1)/2}$.

On connaît des exemples d'ensembles bornés d'anomalie 1 : la boule euclidienne $\Sigma x_i^2 < 1$, le pavé $\text{Max}\,|x_i| < 1$. Donnons un exemple d'ensemble *non borné* d'anomalie égale à 1.

Appelons automorphisme d'un ensemble E de R^n toute transformation linéaire homogène, laissant globalement E invariant; automorphisme distingué, un automorphisme ayant une valeur propre réelle simple > 1, et les autres valeurs propres en module < 1; son axe est alors la droite portant le vecteur propre correspondant à la valeur propre > 1. Appelons *ensemble* H tout ensemble étoilé ouvert de R^n avec $0 < \gamma(H) < +\infty$ et admettant n automorphismes distingués, d'axes linéairement indépendants. Exemple $\mathcal{E}_x(\Pi\,|x_i| < 1)$. On peut montrer que *l'anomalie de tout ensemble* H *est égale à* 1, comme corollaire du résultat plus précis : *si* G *est un réseau tel que* $m(G) = \delta(H) = \gamma((H))^{-n}$ *alors* $\mu_h(H, G) \leqq 1$ $(h = 1, \ldots, n)$. En effet pour tout $\varepsilon > 0$ et pour $r > r(\varepsilon)$, si $K = \mathcal{E}_x(\Pi\,|x_i| < 1 + \varepsilon$, et $|x| < r)$, on a $\gamma(K) < \gamma(H)$ et $\gamma(\tau(K)) = \gamma(K)$, τ étant un produit des automorphismes distingués, d'où n points de G linéairement indépendants appartenant à $(1+\varepsilon)H$. D'où le résultat annoncé en faisant tendre ε vers zéro.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une généralisation des fonctions presque-périodiques : fonctions presque-elliptiques.* Note (*) de M. **Ferran Sunyer i Balaguer**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Dans une Note antérieure ([1]) et moyennant la notion de distance sphérique $|\mathfrak{z}, \mathfrak{z}'|$ de deux points $\mathfrak{z}$ et $\mathfrak{z}'$ du plan, j'ai défini, entre d'autres, la classe des fonctions pp R dans tout le plan et suivant une direction. Je

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 732.

donnerai ici une définition explicite de la même classe : définition très appropriée à ce qui suit.

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe dans tout le plan; si, pour tout ε positif donné, les nombres τ tels que pour toute valeur finie de z, on ait $|f(z+\tau), f(z)| \leqq \varepsilon$ forment un ensemble relativement dense sur l'axe réel, nous dirons que $f(z)$ est une fonction pp R dans tout le plan et suivant la direction de l'axe réel. Si la fonction $f(e^{i\alpha}z)$ de z est pp R dans tout le plan et suivant la direction de l'axe réel, nous dirons que $f(z)$ est pp R dans tout le plan et suivant la direction α.

Nous appellerons fonctions presque-elliptiques (pe) toute fonction pp R dans tout le plan et suivant deux directions. Cette dénomination sera justifiée par l'étroite relation entre les propriétés de ces fonctions et celles des fonctions elliptiques; mais avant de donner les propriétés des fonctions pe je vais donner un exemple de fonctions de cette classe.

Évidemment la classe des fonctions pe comprend les fonctions elliptiques, et puisque la limite d'une suite, uniformément convergente R ([2]) dans tout le plan, de fonctions pe est pe, un premier exemple (non banal) de fonction pe est donné par toute fonction limite de fonctions elliptiques qui ne soit pas elliptique. Ainsi :

$$\sum_{0}^{\infty} 4^{-2n} p(2^{-n} z).$$

2. D'après ma Note citée, on n'a aucune difficulté à définir la notion de fonction normale R dans le plan; cela posé, on peut énoncer les résultats suivants :

I. *Toute fonction pe est normale* R, *et réciproquement.*

II. *Toute fonction pe est pp* R *dans tout le plan et suivant toutes les directions.*

III. *Une fonction pe est déterminée à une constante additive près par ses pôles et les parties principales correspondantes.*

IV. *Une fonction pe est déterminée à un facteur constant près par ses pôles et ses zéros, en tenant compte de leurs ordres de multiplicité.*

V. *Toute fonction pe entière est constante.*

Maintenant représentons par $\mathfrak{P}(z_0, \tau, \tau')$ le rectangle dont les sommets sont z_0, $z_0+\tau$, $z_0+\tau'$ et $z_0+\tau+\tau'$, où τ est un nombre réel et τ' un nombre imaginaire, et soient $N(z_0, \tau, \tau', s)$ le nombre de racines de $f(z)=s$ dans le rectangle $\mathfrak{P}(z_0, \tau, \tau')$ et $\beta(D)$ la somme des résidus des pôles de $f(z)$ intérieurs au domaine D, on aura alors :

VI. *Si $f(z)$ est pe, la* $\lim\limits_{\tau,\tau'=\infty} N(z_0, \tau, \tau', s)|\tau\tau'|^{-1}$ *existe, est* >0 *et la convergence vers la limite est uniforme en z et en s.*

VII. *Si $f(z)$ est pe, étant donnés $\varepsilon>0$ et $r>0$ quelconques, il existe un*

([2]) Pour cette dénomination voir ma Note citée.

ensemble $\mathcal{E}(\varepsilon, r)$ *relativement dense sur l'axe réel et un ensemble* $\mathcal{E}'(\varepsilon, r)$ *relativement dense sur l'axe imaginaire tels que pour* $\tau \in \mathcal{E}$ *et* $\tau' \in \mathcal{E}'$ *on a* $|\beta(\Delta)| < \varepsilon(|\tau| + |\tau'|)$, *où* Δ *est un domaine dont tout point de la frontière est à une distance inférieure à r de la frontière du rectangle* $\rho(z_0, \tau, \tau')$ *et réciproquement tout point de la frontière du rectangle est à une distance inférieure à r de la frontière de* Δ.

VIII. *Si* $f(z)$ *est pe, étant donné* $\varepsilon > 0$ *quelconque, on peut trouver un ensemble* $\mathcal{E}_1(\varepsilon)$ *relativement dense sur l'axe réel et un ensemble* $\mathcal{E}'_1(\varepsilon)$ *relativement dense sur l'axe imaginaire tels que, quels que soient* s_1 *et* s_2, *on ait*

$$1 - \varepsilon < \frac{N(z_0, \tau, \tau', s_1)}{N(z_0, \tau, \tau', s_2)} < 1 + \varepsilon \quad \text{pour} \quad \tau \in \mathcal{E}_1 \quad \text{et} \quad \tau' \in \mathcal{E}'_1.$$

Le théorème V est équivalent au premier théorème de Liouville pour les fonctions elliptiques, et si nous posons $\varepsilon = 0$ et $r = 0$ dans les théorèmes VII et VIII ils deviennent respectivement le deuxième et le troisième théorème de Liouville de la théorie des fonctions elliptiques, mais, pour ces valeurs de ε et de r, nous ne pouvons pas affirmer que les VII et VIII soient valables pour les fonctions pe.

IX. *Soit* $f(z)$ *une fonction pe et soient* a_n *ses zéros et* b_n *ses pôles, quels que soient* $\varepsilon > 0$ *et* $r > 0$, *on peut trouver un ensemble* $\mathcal{E}_2(\varepsilon, r)$ *relativement dense sur l'axe réel et un ensemble* $\mathcal{E}'_2(\varepsilon, r)$ *relativement dense sur l'axe imaginaire tels que pour chaque couple* $\tau \in \mathcal{E}_2$ *et* $\tau' \in \mathcal{E}'_2$ *on puisse trouver deux nombres entiers* n_1 *et* n_2 *qui vérifient*

$$|\Sigma a_n - \Sigma b_n - n_1\tau - n_2\tau'| \leq \varepsilon(|\tau| + |\tau'|),$$

où les Σ *sont étendues à tous les zéros et pôles intérieurs à un domaine* Δ' *qui a les mêmes propriétés que le* Δ *du théorème VII.*

On peut répéter pour ce théorème les mêmes considérations que pour les théorèmes VII et VIII.

X. *Toute fonction pe non constante, est du type moyen de l'ordre* 2 *et, par suite, de genre* 2.

Lorsque j'avais obtenue déjà tous les résultats de cette Note et de ma Note antérieure, M. Favard m'a communiqué que lui-même (3), M. Bessonof (4) et M. Norgil (5) se sont occupés de thèmes étroitement reliés avec celui de la présente Note, travaux dont je n'avais pas eu connaissance.

---

(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1434.

(4) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1011 et 186, 1928, p. 63.

(5) *Matematick Tidsskrift*, B, 4, 1930, p. 73.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions presque automorphes sur un anneau.* Note (*) de M. **Paul Métral**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Soit $\mathfrak{A}$ un anneau dans lequel sont définis deux modes de composition vérifiant les conditions usuelles, la commutativité du produit n'étant pas supposée au début et sans hypothèse topologique particulière. Nous désignerons par $a, \ldots, x, \ldots$ les éléments de $\mathfrak{A}$; par $f(x)$ des fonctions définies sur $\mathfrak{A}$ et ayant des valeurs numériques complexes. Un ensemble de telles fonctions sera dit c. c. [1] si toute suite extraite de cet ensemble contient une sous-suite telle que $D(f_n, f_p) \to 0$, la distance de deux fonctions f et g étant définie par $D(f, g) = \sup |f - g|$ quand x parcourt $\mathfrak{A}$. Par analogie avec la théorie des fonctions sur un groupe [1], nous dirons qu'une fonction $f(x)$ définie sur $\mathfrak{A}$ est : p. p. l. à droite si l'ensemble R_f des fonctions $f(xa+b)$, x étant la variable et a et b des paramètres, décrivant $\mathfrak{A}$, est c. c.; p. p. l. à gauche si l'ensemble L_f des fonctions $f(ax+b)$ est c. c.; p. p. l. si les deux conditions sont vérifiées. Dans ce dernier cas, il existe une constante réelle A vers laquelle une certaine suite extraite de $\mathrm{Co}\,R_f$ converge uniformément, Co E désignant [1] pour un ensemble E quelconque de fonctions sur $\mathfrak{A}$ l'ensemble des fonctions $\alpha_1 f_1 + \ldots + \alpha_n f_n$, les f_i étant des fonctions quelconques de E, les α_i des nombres réels non négatifs de somme 1. Cette constante A ainsi approximée par des fonctions de $\mathrm{Co}\,R_f$ suivant une inégalité

$$|\alpha_1 f(xa_1 + b_1) + \ldots + \alpha_n f(xa_n + b_n) - A| < \varepsilon$$

valable pour x quelconque dans $\mathfrak{A}$ sera appelée *moyenne à droite*; en partant de $C_0 L_f$, on définit une moyenne à gauche. Si l'anneau est aussi commutatif pour la multiplication, il existe une moyenne déterminée $M(f)$, qu'on peut définir à partir des propriétés usuelles

$$M(\alpha f) = \alpha M(f); \quad M(f \pm g) = M(f) \pm M(g); \quad M[f(ax+b)] = M(f).$$

En prenant $M(1) = 0$, on retrouve en supposant les f continues, la moyenne indiquée dans la Note précédente [2] : $\lim \frac{1}{T}\int_1^T \frac{f(x)}{x}\,dx$, si $\mathfrak{A}$ est l'anneau des nombres réels.

II. Considérons l'anneau doublé, ensemble des couples $[a, a']$ vérifiant

$$[a, a'].[b, b'] = [ab, a'b']; \quad [a, a'] + [b, b'] = [a+b, a'+b'].$$

Si $f(x)$ est p. p. l. dans $\mathfrak{A}$, $f(xx')$ est p. p. l. dans $\mathfrak{A}\mathfrak{A}'$. D'où la méthode

---

(*) Séance du 20 décembre 1948.

(1) Von Neumann, *Trans. of the American Math. Society*, 36, 1934, p. 445; André Weil, *Act. Sc. et Ind.*, 869, 1940. Les notations utilisées sont analogues à celles de von Neumann.

(2) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 752.

de MM. Weyl (³) von Neumann (¹) fournit une généralisation du théorème de Parseval utilisant encore la multiplication

$$f \times g = M_y[f(xy^{-1})g(y)].$$

Il existe une suite de nombres réels $\gamma_1 > \gamma_2 > \ldots > \gamma_n > 0$ et une suite de fonctions p. p. l. $\Phi_1(x), \ldots, \Phi_n(x)$ telles que $\Phi_n \times \Phi_n = \Phi_n$ et $\Phi_m \times \Phi_n = 0$ et que $\gamma_1\Phi_1 + \ldots + \gamma_n\Phi_n$ converge vers $f \times f'$, f' désignant $\overline{f(x^{-1})}$. Enfin, pour toute p. p. l. $f(x)$ et tout $\varepsilon > 0$, il existe une p. p. l. $g(x)$ telle que pour tout x de $\mathfrak{A}$,

$$|f(x) - \Phi \times g \times f(x)| < \varepsilon,$$

Φ étant une *unité* p. p. l. vérifiant $\Phi' = \Phi$ et $\Phi \times \Phi = \Phi$.

III. En dehors de toute condition de continuité, une matrice

$$D(a) = \{D_{\rho\sigma}(a)\} \qquad (\rho, \sigma = 1, 2, \ldots, s)$$

est dite une *représentation* de $\mathfrak{A}$ si

$$D(a)D(b) = D(ab) \qquad \text{et si} \qquad D(a) + D(b) = D(a+b);$$

on peut définir les représentations *normales* par une des conditions équivalentes : $D(a)$ équivaut à une unitaire; les $D_{\rho\sigma}$ sont bornés; les $D_{\rho\sigma}$ sont tous des p. p. l. D'où une théorie de forme classique (⁴) : réductibilité; répartition en classes des normales irréductibles; approximation d'une fonction p. p. l. par des aggrégats linéaires de $D_{\rho\sigma}(x; C)$; représentation de toute p. p. l. par une suite convergente d'agrégats d'un nombre fini de $D_{\rho\sigma}(x; C)$. On désigne par $D(a; C)$ un représentant unitaire de la classe C.

IV. Ces derniers théorèmes (approximation; représentation) s'appliquent aux familles *fermées*, contenant en même temps que f et g, $f \pm g$; $f(ax+b)$; $f(xa+b)$ et $\alpha f(x)$ et telles que si $f_n \to f$, f soit de la famille. On peut ainsi étudier les p. p. l. correspondant à un anneau, mais on est alors conduit à imposer à $\mathfrak{A}$ des conditions topologiques.

TOPOLOGIE. — *Sur la dimension des groupes d'homéomorphismes également continus du plan.* Note de M. **István Fáry**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note fait suite à une Note antérieure (¹), dont nous conservons les définitions et les notations (²), dans laquelle nous avons caractérisé (au sens

(³) Weyl, *Math. Ann.*, 79, 1927, p. 338.

(⁴) Schur, *Sitz. Preus. Akad.*, 1905, p. 406, et 1924, p. 183; Peter et Weyl, *Math. Ann.*, 97, 1927, p. 737; Haar, *Annals of Math.*, 34, 1933, p. 147; Von Neumann, cité (¹).

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 534-536.

(²) Ainsi nous désignons par E le plan euclidien, par $\mathfrak{G}$ le groupe des homéomorphismes du plan, qui conservent l'orientation. $\mathfrak{G}$ sera muni d'une topologie dans laquelle les suites

de l'isomorphisme strict) les sous-groupes G de $\mathcal{G}$ jouissant des propriétés : 1° les transformations de G sont également continues; 2° chaque transformation de G admet une racine carrée dans G. Dans ces conditions G peut être non connexe et de dimension o, mais nous avons obtenu que son groupe complété est *connexe et de dimension* ≥ 1. Dans cette Note nous allons étudier les sous-groupes G de $\mathcal{G}$ contenant des transformations également continues, de dimension positive. Notre premier théorème fournit une réponse sur une question posée par Hilbert (³).

THÉORÈME 1. — *Soit* $G \subset \mathcal{G}$ *un groupe de transformations également continues. Alors* $\dim G \leq 3$, *et si* $\dim G = 3$, G *est strictement isomorphe à* G_E, *ou à* G_H (²).

Démonstration. — Nous désignons par G_0 le sous-groupe des transformations de G qui admettent le point fixe o. $\overline{G}$ est le complété du groupe G; $\overline{G} \subset \mathcal{G}$ contient la limite des suites convergentes de G, il est ainsi A-clos pour chaque partie A de E. Nous utiliserons la *proposition* (*a*) : $\overline{G}_0$ *est cyclique, ou strictement isomorphe au groupe des rotations autour d'un point du plan.* Soit $f_0(t) = t(o)$ $(t \in \overline{G},\ o \in E)$ l'application du groupe $\overline{G}$ dans le plan E, qui fait correspondre à chaque transformation t de $\overline{G}$ l'image $t(o)$ du point o par cette transformation.

Supposons maintenant que $\dim G \geq 3$. $f_0(t)$ est une application *univoque, continue et close.* On a $f_0(\overline{G}) \subset E$, ainsi $\dim f_0(\overline{G}) \leq 2$. D'après un théorème connu (⁴) cette inégalité entraîne qu'il y a un point $p \in f_0(\overline{G})$, dont l'image réciproque $\overset{-1}{f_0}(p)$ est un ensemble de dimension ≥ 1; c'est l'ensemble $\overline{G}'_0$ des transformations x de G pour lesquelles $x(o) = t(o) = p$ (où t désigne une transformation fixe de cet ensemble). Or, $\overline{G}'_0$ est une classe du sous-groupe $\overline{G}_0$ [si $y \in \overline{G}_0$, alors $ty(o) = p$, et si $x \in \overline{G}'_0$, alors $t^{-1}x(o) = o$], c'est-à-dire $\dim \overline{G}_0 = 1$ (pour tout point $o \in E$). $\overline{G}$ étant A-clos et $\dim \overline{G}_0 = 1$ [voir *proposition* (*a*)], le théorème bien connu de Hilbert (³) s'applique à $\overline{G}$, qui est donc strictement isomorphe à G_E ou à G_H; en tous cas, $\overline{G}$ est localement euclidien et de dimension 3. Ceci entraîne que G contient un point intérieur du sur-espace $\overline{G}$. G étant homogène et partout dense dans $\overline{G}$, on a $G = \overline{G}$. La démonstration est alors achevée, car cette dernière relation entraîne que G est strictement isomorphe à un des groupes G_E, G_H.

---

convergentes convergent uniformément (au sens ordinaire) sur chaque partie compacte de E. Nous désignons par G_E le groupe des mouvements de E, et par G_H $(\subset \mathcal{G})$ un groupe isomorphe au groupe des mouvements du plan hyperbolique. M, $M' \subset \mathcal{G}$ sont appelés strictement isomorphes, si $M' = \tau M \tau^{-1}$ a lieu, où $\tau \in \mathcal{G}$.

(³) *Grundlagen der Geometrie*, Anhang IV, 2ᵉ éd., p. 126. Note (¹).

(⁴) HUREWICZ et WALLMAN, *Dimension theory*, p. 91.

En utilisant des théorèmes de MM. Brouwer et Montgomery ([5]) on peut, par une méthode analogue, démontrer les théorèmes suivants.

Théorème 2. — *Soit* G *un sous-groupe* connexe *de* $\mathcal{G}$ *qui contient des transformations également continues. Si* dim G = 2, G *est strictement isomorphe à un des groupes suivants* : 1° *le groupe des translations de* E ; 2° *un sous-groupe de* G, *qui est simplement transitif sur le plan (comme groupe abstrait, ce groupe est isomorphe au groupe des homothéties de la droite numérique).*

Théorème 3. — *Si* G *est un sous-groupe* connexe *de transformations également continues de* $\mathcal{G}$, *et si* dim G = 1, *alors* G *est strictement isomorphe à un des groupes suivants* : 1° *au groupe des rotations autour d'un point;* 2° *au groupe des translations le long d'une droite.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les faisceaux de complexes linéaires.*
Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

La présente Note fait suite à deux autres ([1]) dont nous conserverons les notations.

I. 1° Soient $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$ des complexes linéaires non spéciaux, quelconques, d'équations

$$f_1 \equiv A_1 L + B_1 M + \ldots + F_1 Z = 0, \qquad f_2 \equiv A_2 L + \ldots + F_2 Z = 0.$$

Posons

$$\omega_1 = A_1 D_1 + B_1 E_1 + C_1 F_1, \qquad \omega_2 = A_2 D_2 + B_2 E_2 + C_2 F_2,$$
$$\omega_{1,2} = A_1 D_2 + A_2 D_1 + B_1 E_2 + B_2 E_1 + C_1 F_2 + C_2 F_1.$$

On a $\omega_1 \neq 0$, $\omega_2 \neq 0$. Soit $\mathcal{C}_3$ le *conjugué* (polaire réciproque) de $\mathcal{C}_1$ par rapport à $\mathcal{C}_2$. Il a pour équation

$$\omega_2 f_1 - \omega_{1,2} f_2 = 0.$$

Il appartient au faisceau Φ déterminé par $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_2$. Les complexes de base de Φ étant quelconques, soient μ_1, μ_2, μ_3, λ_1, λ_2 les valeurs de λ correspondant respectivement à $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$, $\mathcal{C}_3$ et aux complexes spéciaux de Φ. On suppose $\lambda_1 \neq \lambda_2$. On a

$$(\lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2) = (\lambda_1, \lambda_2, \mu_2, \mu_3).$$

Si l'on pose, d'une manière générale $(\mu_j - \lambda_1)/(\mu_j - \lambda_2) = \alpha_j$, on a

$$\alpha_1 \alpha_3 = \alpha_2^2, \qquad \alpha_1 \alpha_2 \omega_{1,2}^2 = (\alpha_1 + \alpha_2)^2 \omega_1 \omega_2.$$

Deux complexes de Φ correspondant aux valeurs μ_a, μ_b de λ sont en *involution* quand $(\lambda_1, \lambda_2, \mu_a, \mu_b) = -1$, d'où $\alpha_a + \alpha_b = 0$.

([5]) Brouwer, *Math. Ann.*, **72**, 1912, p. 37-54; Montgomery, *Ann. of Math.*. **49**, 1948, p. 110.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 712, et **228**, 1949, p. 359.

Soient $\mathcal{C}'_1$, $\mathcal{C}'_2$, $\mathcal{C}'_3$ les complexes de Φ en *involution* respectivement avec $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$, $\mathcal{C}_3$. $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_3$, *conjugués* par rapport à $\mathcal{C}_2$, le sont *aussi* par rapport à $\mathcal{C}'_2$. $\mathcal{C}'_1$ et $\mathcal{C}'_3$ sont *conjugués* par rapport à $\mathcal{C}_2$ et à $\mathcal{C}'_2$.

2° Supposons donné un complexe linéaire non spécial quelconque, $\mathcal{C}_1$, dont les coefficients de l'équation sont réels. Parmi les ∞^4 faisceaux comprenant $\mathcal{C}_1$, prenons un faisceau Φ quelconque, mais dont les équations des complexes de base ont des coefficients réels. On suppose $\lambda_1 \neq \lambda_2$. λ_1 et λ_2 sont réels ou imaginaires conjugués. Partant de $\mathcal{C}_1$, déterminons dans Φ une *suite* $\mathcal{S}$ de complexes $\mathcal{C}_j$ correspondant à des valeurs μ_j *réelles* de λ et tels que $\mathcal{C}_j$ et $\mathcal{C}_{j+2}$ soient *conjugués* par rapport à $\mathcal{C}_{j+1}$, quel que soit j. On a

$$(\lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2) = (\lambda_1, \lambda_2, \mu_j, \mu_{j+1}),$$

quel que soit j, et les α_j forment une *progression géométrique*. Nous dirons que $\mathcal{S}$ est une *suite de complexes linéaires conjugués*.

Quels que soient j et un autre entier positif m, *$\mathcal{C}_j$ et $\mathcal{C}_{j+2m}$ de $\mathcal{S}$ sont conjugués par rapport à $\mathcal{C}_{j+m}$*. De $\mathcal{S}$ on déduit des suites analogues, appartenant à Φ, notamment en remplaçant chaque complexe de $\mathcal{S}$ par le complexe de Φ en involution avec lui, ou en ne faisant ce changement que de deux en deux complexes.

Les α_j ont tous pour module 1 quand λ_1 et λ_2 sont imaginaires conjugués.

3° Imposons-nous que $\mathcal{S}$ *comprenne p complexes distincts* et *se ferme*, c'est-à-dire que $\alpha_{p+1} = \alpha_1$, $\alpha_{p+2} = \alpha_2$, ...

Il en est ainsi quand la *raison* ρ de la progression géométrique des α_j est une *racine primitive $p^{ième}$ de* 1, c'est-à-dire quand $\rho = \cos(2k\pi/p) + i\sin(2k\pi/p)$, avec k entier positif *premier* avec p. Il faut que λ_1 et λ_2 soient imaginaires conjugués. Nous dirons que $\mathcal{S}$ est alors un *cycle de complexes linéaires conjugués*.

Employons d'abord la racine $\rho_1 = \cos(2\pi/p) + i\sin(2\pi/p)$ et soient $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_2$, ..., $\mathcal{C}_p$, $\mathcal{C}_1$ les complexes obtenus successivement. On a, pour deux complexes quelconques $\mathcal{C}_j$ et $\mathcal{C}_{j+m}$ du cycle

$$\omega^2_{j,j+m} = 4\omega_j\omega_{j+m}\cos^2\frac{m\pi}{p},$$

ω_j, ω_{j+m}, $\omega_{j,j+m}$ étant les quantités relatives à $\mathcal{C}_j$ et $\mathcal{C}_{j+m}$ et analogues à ω_1, ω_2, $\omega_{1,2}$.

Employons maintenant la racine $\rho_k = \rho_1^k$ (k premier avec p). Nous retrouvons tous les complexes obtenus avec ρ_1, mais, en partant de $\mathcal{C}_1$, dans l'ordre $\mathcal{C}_1$, $\mathcal{C}_{k+1}$, $\mathcal{C}_{2k+1}$, ...

Si nous utilisions une racine $\rho_{k'} = \rho_1^{k'}$, avec k' non premier avec p, nous ne retrouverions plus tous les complexes obtenus avec ρ_1. En particulier, pour p pair et $k' = (p/2)$, on n'obtient, en partant de $\mathcal{C}_1$, que $\mathcal{C}_1$ et $\mathcal{C}_{(p/2)+1}$ en *involution*.

4° Toute transformation homographique ou dualistique transforme un complexe linéaire en un complexe linéaire, un faisceau de tels complexes en un faisceau analogue, une *suite* ou un *cycle* de complexes linéaires conjugués en une suite ou un cycle de complexes linéaires conjugués.

II. Considérons le cas *particulier* où les paramètres ν_1, ν_2 des complexes d'axes g_1 et g_2 sont *égaux* et non nuls. Les complexes à axes réels de Φ sont les positions d'un complexe non spécial *tournant* autour d'une droite perpendiculaire à son axe en un point O. Deux complexes de Φ sont en *involution* quand leurs axes sont *perpendiculaires*. Si $\mathcal{C}'$ et $\mathcal{C}''$ sont deux complexes quelconques de Φ, à axes réels, ils sont *conjugués* par rapport aux deux complexes de Φ dont les axes sont les *bissectrices* des angles formés par les axes de $\mathcal{C}'$ et $\mathcal{C}''$. La détermination dans Φ de *suites* ou de *cycles* de complexes linéaires conjugués est donc immédiate.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les familles de surfaces admettant les mêmes formes minima.* Note de M. **Louis Maneng**, présentée par M. Élie Cartan.

Le système de Pfaff, apte à remplacer les équations de Gauss et de Codazzi, s'écrit, avec les notations de M. Lalan (1),

$$(1)\qquad \begin{cases} dH = -2A\varpi, \\ \dfrac{dA}{A} = \chi + \lambda\varpi, \\ d\lambda = \Phi + \lambda\chi + \dfrac{1}{rs}\left(\dfrac{K}{A} - c\right)\varpi, \end{cases}$$

$$\varpi = r\omega_1 + s\omega_2, \qquad \chi = \left(s - \frac{s_1}{s}\right)\omega_1 + \left(r - \frac{r_2}{r}\right)\omega_2 = a\omega_1 + b\omega_2,$$

$$\Phi = \left(b - \frac{b_1}{s}\right)\omega_1 + \left(a - \frac{a_2}{r}\right)\omega_2, \qquad c = r_1 + s_2 - 2rs.$$

C'est un système qui, les formes minima étant supposées données, détermine H, A et λ. Nous chercherons à quelles conditions ce système est complètement intégrable : quand ces conditions seront réalisées, il y aura *une triple infinité de surfaces essentiellement distinctes admettant les mêmes formes minima.*

Il suffit de considérer la différentielle extérieure de la troisième équation (1), car celles des deux premières sont nulles en tenant compte du système. Il vient

$$(2)\qquad \alpha\lambda + \beta\frac{H^2}{A} + \gamma A + \delta = 0$$

et l'on a

$$\alpha = d\chi, \qquad \beta = \frac{3}{rs}d\varpi + \left[d\left(\frac{1}{rs}\right)\varpi\right], \qquad \gamma = -\frac{1}{rs}d\varpi - \left[d\left(\frac{1}{rs}\right)\varpi\right].$$

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 518.

Pour que le système (1) soit complètement intégrable, il faut et il suffit que l'on ne puisse déterminer aucune des inconnues au moyen de (2); donc que

$$\alpha = 0, \qquad \beta = 0, \qquad \gamma = 0.$$

1° $\alpha = 0$ ou $d\chi = 0$ exprime que χ est une différentielle exacte. La signification de cette condition est connue : elle exprime que *les surfaces correspondantes sont à courbure moyenne isotherme* (²). Les formes minima sont alors réductibles à

$$(3) \qquad \omega_1 = \sqrt{\psi_u}\, du, \qquad \omega_2 = \sqrt{\psi_v}\, dv.$$

2° Combinons $\beta = 0$ et $\gamma = 0$, en formant $\beta + \gamma = 0$. On aura $(2/rs)\, d\varpi = 0$. ϖ est une différentielle exacte. Il s'ensuit que A est fonction de H, donc *les surfaces correspondantes sont des surfaces de Weingarten* (³).

Comme, sur toute surface à courbure moyenne isotherme, on a

$$H = f(u+v), \qquad A = \frac{\sqrt{\psi_u \psi_v}}{\psi_{uv}} f'(u+v),$$

la seconde condition que nous venons de formuler se traduit analytiquement par le fait que le rapport $\psi_{uv}/\sqrt{\psi_u \psi_v}$ ne dépend que de $u+v$.

3° Une autre combinaison, à savoir $\beta + 3\gamma = 0$, donne $-2[d(1/rs)\,\varpi] = 0$. Comme ϖ contient en facteur $d(u+v)$, nous devons avoir rs fonction de $u+v$. Or

$$rs = \frac{1}{4}\left(\frac{{}_u\psi_v}{\sqrt{\psi_u \psi_v}}\right)^3 \frac{1}{\psi_{uv}}.$$

En tenant compte de la condition n° 2, nous voyons que ψ_{uv} doit, lui aussi, ne dépendre que de $u+v$. Cherchons la signification géométrique de cette condition. Le premier paramètre différentiel de H a pour expression

$$\Delta_1 H = \frac{2 f'^2(u+v)}{\psi_{uv}}.$$

La condition pour que ψ_{uv} ne dépende que de $u+v$, est donc que $\Delta_1 H$ ne dépende lui-même que de $u+v$; c'est-à-dire de H. Or cette condition exprime que *les courbes d'égale courbure moyenne* $H = C$, *sont géodésiquement parallèles.*

Comme conclusion, *les seules surfaces pour lesquelles le système* (1) *est complètement intégrable sont les surfaces de Weingarten sur lesquelles les lignes d'égale courbure moyenne sont des courbes isothermes et géodésiquement parallèles.*

(²) *Voir* V. LALAN, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1201.

(³) *Cf.* notre Note aux *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1582,

MÉCANIQUE. — *Application d'un théorème de M. Hadamard à l'étude de la stabilité des systèmes.* — Note (*) de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans de nombreux problèmes, on a à rechercher les conditions que doivent satisfaire les coefficients, réels, d'une équation du type

$$(1)\qquad \begin{vmatrix} \dfrac{a_{11}+b_{11}z}{\alpha_{11}+\beta_{11}z} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \dfrac{a_{22}+b_{22}z}{\alpha_{22}+\beta_{22}z} & \dots & a_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots & \dots & \dots\dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dfrac{a_{nn}+b_{nn}z}{\alpha_{nn}+\beta_{nn}z} \end{vmatrix} = 0,$$

pour que ses racines soient à partie réelle négative.

Nous nous proposons de donner des conditions *suffisantes* pour qu'il en soit ainsi et qui demeurent simples quel que soit l'ordre n du déterminant qui constitue le premier membre de l'équation (1).

D'après un théorème connu de M. Hadamard (1), l'équation (1) ne pourra avoir de racines lorsque seront vérifiées les n inégalités

$$\left|\frac{a_{ii}+b_{ii}z}{\alpha_{ii}+\beta_{ii}z}\right| > \sum_{i\neq l} |a_{ij}| = h_i > 0 \qquad (i=1, 2, \dots, n).$$

Posons $z = x + iy$ (x, y réels), les relations précédentes s'écrivent

$$(2)\quad (x^2+y^2)[b_{ii}^2 - h_i^2\beta_{ii}^2] + 2x[a_{ii}b_{ii} - h_i^2\alpha_{ii}\beta_{ii}] + a_{ii}^2 - h_i^2\alpha_{ii}^2 > 0 \qquad (i=1, 2, \dots, n).$$

Si l'on considère une racine à partie réelle positive ($x>0$), l'inégalité (2) sera toujours satisfaite si l'on a

$$(3)\qquad \begin{cases} a_{ii}^2 - h_i^2\alpha_{ii}^2 > 0 \qquad b_{ii}^2 - h_i^2\beta_{ii}^2 > 0 \\ a_{ii}b_{ii} - h_i^2\alpha_{ii}\beta_{ii} > 0 \end{cases} \qquad (i=1, 2, \dots, n).$$

Ainsi les conditions (3) *sont des conditions suffisantes pour que l'équation* (1) *n'ait pas de racines à partie réelle positive.*

Notons que si l'on prend a_{ii}, b_{ii}, α_{ii} et β_{ii} positifs, les deux premières relations (3) s'écrivent

$$\frac{a_{ii}}{\alpha_{ii}} > h_i, \qquad \frac{b_{ii}}{\beta_{ii}} > h_i$$

et impliquent la troisième.

(*) Séance du 18 février 1949.

(1) *Leçons sur la propagation des ondes*, Paris, 1903, p. 13-14.

Dans ces conditions, il apparaît que les déterminants

$$\begin{vmatrix} \frac{a_{11}}{\alpha_{11}} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & \frac{a_{nn}}{\alpha_{nn}} \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{vmatrix} \frac{b_{11}}{\beta_{11}} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & \frac{b_{nn}}{\beta_{nn}} \end{vmatrix}$$

rentrent dans le type défini dans une Note antérieure ([2]), le résultat obtenu dans cette dernière se présentant d'ailleurs comme un cas particulier de celui que nous venons d'obtenir.

Remarque. — La distribution des racines au voisinage de l'origine qu'il est utile de connaître, peut être étudiée en traçant les cercles $C_i(i=1, 2, \dots, n)$ que représentent les premiers membres des inégalités (2) égalés à zéro, les racines de (1), à partie réelle négative, se trouvant, si les conditions (3) sont satisfaites, à l'intérieur du domaine limité par l'ensemble des circonférences C_i.

MÉCANIQUE DES FILS. — *Sur les petits mouvements verticaux d'un fil pesant.* Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Relativement à l'étude des petits mouvements verticaux, périodiques, d'un câble souple, inextensible, pesant, et dont les extrémités sont fixes, nous avons donné ([1]) un moyen de former les équations fournissant les deux catégories de pulsations propres, lorsque le fil est très tendu; et nous avons indiqué le problème à résoudre si cette dernière condition n'est pas réalisée. Nous avons proposé ([2]) aussi un procédé d'approximation pour former l'équation aux pulsations propres, si la courbure du fil n'est plus négligée.

Nous voulons indiquer ici la marche des calculs pour l'étude des petits mouvements verticaux les plus généraux d'un fil pesant, souple, inextensible, sans préciser les conditions aux extrémités.

u désignant le paramètre classique sur la chaînette, et x, y les coordonnées d'un point du fil, un tel mouvement sera défini par les équations

$$(1) \quad x = a(u+\xi), \qquad y = a(\operatorname{ch} u + \eta), \qquad s = a \operatorname{sh} u, \qquad T = \rho g a \operatorname{ch} u(1+\tau).$$

s désigne l'abscisse curviligne du point u, et l'origine $s=0$ est, au repos, le sommet de la chaînette; T est la tension du fil, ρ la densité linéaire. ξ, η, τ,

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 51.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1242.
([2]) *Id.*, 227, 1948, p. 1208.

fonctions très petites de u et t, et satisfont au système d'équations

$$\frac{\partial}{\partial u}\left(\tau+\frac{\partial \xi}{\partial u}\right)=\operatorname{ch} u \frac{\partial^2 \xi}{\partial v^2}, \qquad \frac{\partial}{\partial u}\left(\tau \operatorname{sh} u+\frac{\partial \eta}{\partial u}\right)=\operatorname{ch} u \frac{\partial^2 \eta}{\partial v^2},$$
$$\frac{\partial \xi}{\partial u}+\operatorname{sh} u \frac{\partial \eta}{\partial u}=0, \qquad \text{avec} \quad v=t\sqrt{\frac{g}{a}}.$$

On obtient ce système en portant les expressions (1) dans les équations générales du mouvement des fils, et en négligeant les produits des fonctions ξ, η, τ et de leurs dérivées.

Il est commode d'exprimer les trois fonctions ξ, η, τ à l'aide d'une seule fonction inconnue $\varphi(u, v)$, soit

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} &\xi=\varphi-\operatorname{th} u \frac{\partial \varphi}{\partial u}, \qquad \eta=\frac{1}{\operatorname{ch} u} \frac{\partial \varphi}{\partial u}, \\ &\tau \operatorname{sh} u=-\frac{1}{\operatorname{ch} u} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2}+\frac{\operatorname{sh} u}{\operatorname{ch}^2 u} \frac{\partial \varphi}{\partial u}+\frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}-\theta''(v), \end{aligned}\right.$$

où θ est une fonction arbitraire introduite par l'intégration.

La fonction inconnue φ doit satisfaire à l'équation

$$\operatorname{sh} u\left(\frac{\partial^3 \varphi}{\partial u^3}-\operatorname{ch} u \frac{\partial^3 \varphi}{\partial u \partial v^2}\right)-\operatorname{ch} u\left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial u^2}-\operatorname{ch} u \frac{\partial^2 \varphi}{\partial v^2}\right)-\theta''(v)=0.$$

Cette équation peut être intégrée quand on suppose que le paramètre u reste petit, c'est-à-dire que le câble est très tendu et presque horizontal. Les formules (2) se simplifient :

$$(3)\qquad \xi=\varphi-u \varphi'_u, \qquad \eta=\varphi'_u, \qquad \tau=\varphi'_u+\psi'',$$

avec

$$(4)\qquad \varphi(u, v)=\mathrm{F}(v-u)+\mathrm{G}(u+v)+\theta(v)+u \psi(v).$$

F, G, θ, ψ sont quatre fonctions arbitraires d'une variable, qui doivent être déterminées par les conditions aux extrémités et les conditions initiales. Si les deux extrémités sont fixes, on retrouve les résultats cités. Un autre cas simple est celui d'un fil très tendu obliquement.

On constate, sur l'équation (4), qu'il existe une pseudo-propagation de célérité $\pm\sqrt{ga}$, due à la présence des deux fonctions F et G. Mais ce n'est pas une propagation ordinaire en raison de la présence des deux fonctions θ et ψ. On vérifie bien expérimentalement la propagation d'ondes, avec réflexions aux extrémités, mais l'onde se déforme en suivant le fil.

Nous avons fait l'application des méthodes précédentes, et en particulier de l'équation (4), jointe au système (3), à la formation de l'équation aux pulsations propres du système constitué par un câble, dont une extrémité est fixe, et dont l'autre est attachée à un pylône pouvant vibrer élastiquement et avec amortissement. On cherche des solutions de cette équation, non pas de la forme $e^{i\omega t}$, où l'exposant contient le facteur imaginaire i, mais de la forme e^{rv},

où $v = \sqrt{g/a}\, t$ est réel, et où r désigne une quantité complexe : comme il est plus commode en général chaque fois qu'intervient un amortissement. On arrive ainsi à deux équations distinctes auxquelles doit satisfaire la quantité complexe r.

Ces équations peuvent se mettre sous la forme

$$\operatorname{sh}(\beta r) = 0, \quad \text{et} \quad \operatorname{th}(\beta r) = R(r),$$

$\alpha + \beta$ et $\alpha - \beta$ désignent sur la chaînette les valeurs du paramètre u correspondant aux extrémités du câble au repos, quand le pylône est vertical; et $R(r)$ désigne le quotient d'un polynome du troisième degré en r par un polynome du quatrième degré.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur quelques propriétés de la fonction de corrélation totale.* Note de M. **Léon Agostini**, présentée par M. Joseph Pérès.

L'équation de Karman, déduite des équations de Navier et faisant intervenir la fonction $f(r, t)$ de corrélation double et la fonction $k(r, t)$ de corrélation triple se présente comme une équation du type de la chaleur dans un espace à cinq dimensions [1].

Cette apparence paradoxale disparaît si l'on fait intervenir le facteur de corrélation totale [2]

$$R(r, t) = \frac{\overrightarrow{V}.\overrightarrow{V'}}{\overline{V^2}}.$$

La façon la plus rapide d'obtenir l'équation à laquelle cette fonction satisfait, consiste à partir de l'équation de Karman et Howarth [3]

$$(1) \qquad \frac{\partial(u^2 R_{ik})}{\partial t} = (\overline{u^2})^{\frac{3}{2}} \sum_j \frac{\partial}{\partial \xi_j}(T_{ijk} + T_{kji}) + 2\nu\overline{u^2}\,\Delta R_{ik},$$

où les ξ_j sont les composantes de $MM' = r$ et R_{ik} et T_{ijk} les composantes des tenseurs de corrélation double et triple entre les vitesses de turbulence $\overrightarrow{V}$ et $\overrightarrow{V'}$ aux points M et M'.

La corrélation totale $R(r, t)$ est donnée par la relation

$$V_0^2 R = \overline{u^2} \sum_i R_{ii}$$

où $V_0^2 = 3\overline{u^2}$ est le carré moyen de la vitesse totale de turbulence.

---

(1) *Batchelor Quat. Ap. Math.*, 6, juill. 1948, p. 97-116.
(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 736.
(3) *Proc. Roy.*, 164, 1938 A, p. 192-215.

En effectuant cette opération sur (1), nous obtenons

$$\frac{\partial(V_0^2 R)}{\partial t} = 2\nu V_0^2 \Delta R + 2 V_0^2 \operatorname{div} \vec{T}.$$

Dans cette équation, le vecteur $2V_0^3\vec{T}$ est la moyenne de $(\vec{V}-\vec{V'})(\vec{V},\vec{V'})$ et est aussi la valeur moyenne de $(\vec{V'}-\vec{V})^3/3$; ce vecteur est radial, il peut s'écrire $T = \vec{T}\operatorname{grad} r$.

La fonction T s'exprime au moyen des fonctions de corrélation triple définies par Karman et Howarth

$$T = \frac{k+2q}{3},$$

définition analogue à celle de la fonction R à partir des fonctions f et g

$$R = \frac{f+2g}{3}.$$

La fonction R satisfait donc à une équation du type de la chaleur dans l'espace à trois dimensions, les corrélations triples introduisent un terme de convection. En négligeant ce dernier on obtient l'équation de la phase finale d'extinction de la turbulence ([4]), ([5]).

En exprimant sa solution sous la forme d'une intégrale étendue à tout l'espace

$$V_0^2 R \equiv G(r,t) = \iiint G(r,0)\, e^{-\frac{\Sigma(\xi_i - x_i)^2}{8\nu t}} \frac{dx_1\, dx_2\, dx_3}{(8\pi\nu t)^{\frac{3}{2}}},$$

on retrouve bien les formules de décroissance de la turbulence en $t^{-5/2}$ si l'on suppose que l'intégrale

$$\int_0^\infty r^4 G(r,0)\, dv$$

est finie et non nulle, et si l'on tient compte de la relation $\iiint R\, dx_1\, dx_2\, dx_3 = 0$ ou $\int_0^\infty r^2 R\, dr = 0$ qui est satisfaite à tout instant en fluide incompressible par R.

Cette relation peut se déduire de l'expression de R en fonction de f; les égalités $R = (f+2g)/3$ et $g = f + (2/r)f'$ donnent en effet $\int_0^v r^2 R\, dr = r^3 f/3$ et l'on admet comme vraisemblable que, quel que soit m : $\lim_{r=\infty} r^m f = 0$.

([4]) BATCHELOR, *loc. cit.*

([5]) Dans une publication toute récente, G. K. Batchelor [*Proc. Roy. Soc.*, (3 février 1949), **195**, A, p. 513-532] étend la théorie d'Heisenberg à la turbulence homogène anisotrope; il est facile de montrer que l'équation (2) est encore valable dans ce cas.

RELATIVITÉ. — *La constante cosmologique gravifique et les équations de Gauss d'une hypersurface.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

Toute hypersurface différentiable satisfait aux équations de compatibilité de Gauss et de Codazzi et nous avons montré récemment ([1]) que les équations de Codazzi conduisent à des relations fondamentales entre gravitation et électromagnétisme. Dans la présente Note, nous utiliserons au contraire les équations de Gauss. Pour une hypersurface V_N à N dimensions d'un espace V_{N+1}, celles-ci s'écrivent

$$(1) \qquad R_{ijkl} - (\omega_{ik}\omega_{jl} - \omega_{il}\omega_{jk}) = \overline{R}_{\alpha\beta\gamma\delta} X^{\alpha}_{,i} X^{\beta}_{,j} X^{\gamma}_{,k} X^{\delta}_{,l},$$

ω_{ik} (i, $k = 1, \ldots, N$) étant le tenseur métrique externe de V_N, $\overline{R}_{\alpha\beta\gamma\delta}$ (α, β, γ, $\delta = 1, \ldots, N+1$) le tenseur de Riemann-Christoffel de V_{N+1} pris sur V_N, X^{α} des coordonnées dans V_{N+1} et la virgule désignant une dérivation covariante par rapport aux coordonnées x^i de V_N. Comme le tenseur R_{jk} de Ricci est donné par $R_{jk} = g^{il} R_{ijkl}$, on déduit des équations de Gauss

$$(2) \qquad R_{jk} - g^{il}(\omega_{ik}\omega_{jl} - \omega_{il}\omega_{jk}) = \overline{R}_{\alpha\beta\gamma\delta}\, g^{il} X^{\alpha}_{,i} X^{\delta}_{,l} X^{\beta}_{,j} X^{\gamma}_{,k},$$

ce qui se réduit à

$$(3) \qquad R_{jk} = g^{il}(\omega_{ik}\omega_{jl} - \omega_{il}\omega_{jk})$$

pour un V_N de classe 1 (c'est-à-dire plongé dans un V_{N+1} euclidien ou pseudo-euclidien) comme l'espace temps.

Considérons les équations du champ de gravitation avec le terme cosmologique

$$(4) \qquad R_{jk} + \frac{1}{2}\lambda_g g_{jk} = -\varkappa\left(T_{jk} - \frac{1}{2} T g_{jk}\right),$$

(λ_g constante cosmologique gravifique; $\varkappa$ constante de la gravitation; T_{jk} tenseur de densité d'énergie-impulsion; $T \equiv g^{jk} T_{jk}$). Soit χ la courbure moyenne en un point de l'espace-temps. Comme on a $4\chi = g^{ik}\omega_{ik}$ on déduit de (3) et (4)

$$(5) \qquad g^{il}\omega_{ik}\omega_{jl} - 4\chi\omega_{jk} + \frac{1}{2}\lambda_g g_{jk} = -\varkappa\left(T_{jk} - \frac{1}{2} T g_{jk}\right).$$

Prenons dans l'espace-temps des coordonnées par rapport auxquelles le tenseur symétrique ω_{ik} a la forme diagonale. La relation (5) donne alors

$$(6) \qquad g^{44}\omega_{44}^2 - 4\chi\omega_{44} + \frac{1}{2}\lambda_g g_{44} = -\varkappa\left(T_{44} - \frac{1}{2} T g_{44}\right).$$

Posons $\omega_{ik} = \chi g_{ik} + \varpi_{ik}$. Dans toute région où χ est peu variable (cas

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 742.

général), les ϖ_{ik} sont des petites quantités par rapport aux χg_{ik} et (6) donne

(7) $$\frac{1}{2}\lambda_g = (4 - g^{44}g_{44})\chi^2 + 2(2 - g^{44}g_{44})\frac{\varpi_{44}}{g_{44}}\chi - \varkappa\left(\frac{T_{44}}{g_{44}} - \frac{1}{2}T\right).$$

En remarquant finalement que l'on a $g^{44}g_{44} \cong 1$, $g_{44} \cong 1$ et $T \cong T_{44}$, on obtient la relation cherchée

(8) $$\lambda_g = 6\chi^2 + 4\chi\varpi_{44} - \varkappa T.$$

Les équations de Gauss permettent donc de déduire une expression de la constante cosmologique gravifique indépendante des dérivées des composantes des tenseurs du champ g_{ik} et ω_{ik}.

Signalons quelques conséquences importantes de (8) : 1° les termes en ϖ_{44} et T de (8) étant négligeables presque partout dans l'Univers (espaces intergalactiques et même interstellaires), on a nécessairement $\lambda_g \geqq 0$; 2° dans les espaces intergalactiques χ et la courbure riemannienne ([2]) sont presque constantes; en d'autres termes, abstraction faite des domaines occupés par les galaxies, l'espace-temps est très voisin d'une hypersphère d'un espace pseudo-euclidien à cinq dimensions. Le rayon P de cette hypersphère (espace-temps de De Sitter) est donné par $P = (1/\chi) = \sqrt{(6/\lambda_g)}$, l'invariant χ ayant ici la valeur qui correspond aux espaces intergalactiques; 3° désignons par K la constante newtonienne de la gravitation. Comme on a $\varkappa = (8\pi K/c^2)$ on peut écrire $\varkappa T \cong (8\pi K\mu/c^2)$, μ étant la densité de la matière. Considérons le domaine occupé par une galaxie. Dans ce domaine le terme en ϖ_{44} de (8) est négligeable par rapport à $\varkappa T$ et l'on déduit de (8) la relation

$$\delta\chi = \frac{2\pi K}{3c^2}\frac{\delta\mu}{\chi},$$

qui exprime l'influence d'une variation de la densité de matière sur la courbure moyenne de l'espace-temps. On voit donc que la courbure moyenne augmente (en valeur absolue) quand μ augmente, de sorte que l'espace-temps est, en première approximation, une hypersphère de De Sitter légèrement déformée le long des tubes d'Univers clairsemés qui correspondent aux galaxies, où la courbure moyenne est plus grande que la courbure moyenne générale (cosmologique).

ASTRONOMIE. — *Le bolide du 25 janvier 1949.*
Note de M. **Henri Dessens**, présentée par M. Charles Maurain.

Le 25 janvier 1949, à 19h56 T. M. G. (± 1 min), un bolide a explosé aux environs de Clermont-Ferrand. Les indications recueillies auprès d'une centaine de témoins répartis dans le département et les départements voisins conduisent aux résultats suivants :

([2]) On a $R + 2\lambda_g = \varkappa T$, d'après (4).

La trajectoire du bolide était rectiligne, presque verticale (inclinaison probablement inférieure à 20°, provenance du Sud); la traînée était brillante, mais peu persistante. Après une succession de variations d'éclat, le bolide a subi une explosion définitive extrêmement brillante avec projection de quatre fragments qui se sont éteints avant d'atteindre le sol; l'altitude de cette explosion était de l'ordre de 12^{km} ($\pm 5^{km}$).

Les phénomènes acoustiques ont été perçus dans un rayon de 50^{km} autour du point de chute; 50 à 100 explosions très distinctes, dont l'intensité allait en décroissant, ont précédé un sourd et long grondement. Durée de la vision du météore : 4 à 5 secondes; de la perception des éclatements : 30 secondes; du grondement : 1 à 2 minutes. La succession des perceptions sonores directes est inversée par rapport à leur production; la première et violente explosion perçue correspond à l'explosion finale du bolide.

Les personnes interrogées ont été priées d'indiquer, avec le plus de précision possible, la direction de l'explosion finale. Ces directions, portées sur la carte, sont généralement convergentes; elles ont permis de localiser le phénomène au-dessus d'un cercle de 2^{km} de rayon centré à $13^{km},5$ à l'Est de Clermont.

Des recherches entreprises dans cette région ont permis la découverte d'un fragment de météorite qui avait été recueilli sur un chemin dès le matin du 26 janvier. L'étude de la constitution et des propriétés de cette météorite est en cours à l'Observatoire du Puy-de-Dôme et dans divers laboratoires de l'Université de Clermont.

ASTROPHYSIQUE. — *Les vitesses d'agitation dans les atmosphères des géantes rouges*. Note (*) de M. **Evry Schatzman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les grandes vitesses d'agitation dans les atmosphères des géantes rouges doivent être considérées comme réelles ([1]). Les lignes générales d'une interprétation sont les suivantes :

1° Il y a dans l'atmosphère des géantes rouges comme dans l'atmosphère solaire une source mécanique d'énergie, productrice d'ondes acoustiques. Ces ondes acoustiques dégénèrent en ondes de choc et dissipent leur énergie.

2° Le temps t mesurant la longueur du sillage des ondes de choc ([2]) est très grand (10^4 secondes), ce qui explique les mouvements d'ensemble de la matière sur des étendues comparables au libre parcours moyen des photons. De tels mouvements d'ensemble sont nécessaires pour expliquer la différence ([3]) entre

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) O. Struve, *Ap. J.*, 104, 1946, p. 138.

([2]) Schatzman, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 738.

([3]) M. Schwarzschild, B. Schwarzschild, W. S. Adams, *Ap. J.*, 108, 1948, p. 207.

les vitesses d'agitation déduites des courbes de croissance et celles déduites des contours des raies. Une valeur aussi élevée de t est possible, en raison de la faible gravité de ces étoiles dont l'atmosphère laisse passer des ondes progressives de grande période ([4]).

3. La dissipation $\rho w^3/Vt$ est ainsi considérablement plus faible que dans le soleil ([3]) et peut être négligée en première approximation. La vitesse de propagation des ondes sonores est prise égale à $\sqrt{V^2+3w^2}$ où V est la vitesse de propagation du son dans un milieu au repos à la température T, en raison des tensions d'agitation dues à la superposition d'ondes de différentes directions, sans relations de phase. L'équation de conservation du flux d'énergie mécanique $\rho w^2\sqrt{V^2+3w^2}$, l'équation d'équilibre hydrostatique $(d/dr)[(\mathfrak{k}\rho T)/\mu+\rho w^2]=-g\rho$, la relation entre l'opacité et le coefficient d'absorption $d\tau=-\varkappa\rho\, dr$, permettent de calculer la vitesse d'agitation w à la profondeur optique 0,3, région de formation des raies. Si l'on suppose, comme c'est le cas pour les géantes F que l'absorption est due à l'ion négatif hydrogène seul, on peut calculer w en fonction de la masse, du rayon et de la luminosité de l'étoile. On trouve

$$\tau=0,3=\frac{F^2}{gV^4}\,10^{7.09+0.70\theta}\frac{1}{A}\,\frac{\mathfrak{k}}{\mu}\,T^{-\frac{3}{2}}\frac{2}{\gamma}\int_x^\infty\frac{3\gamma x^2+9x+2}{x^3(1+3x)^2}\,dx,$$

où F est le flux d'énergie mécanique, g l'intensité du champ de pesanteur, T la température de surface, $\theta=5040/T$, A le rapport du nombre d'atomes d'hydrogène au nombre d'atomes métalliques, $\mathfrak{k}$ la constante des gaz parfaits, $\gamma=5/3$ la compressibilité adiabatique et $x=w^2/V^2$. En supposant le flux d'énergie mécanique proportionnel au flux total, on trouve que l'intégrale est proportionnelle à $MR^{1/4}L^{-9/8}/10^{-0,7\theta}$. En supposant le rapport du flux d'énergie mécanique au flux total ξ constant pour toutes les géantes rouges, on trouve pour $\xi=1/25$ les résultats rassemblés dans le Tableau ci-dessous.

TABLEAU.

Étoile.	$\log\frac{w}{V}$ observé.	$\log\frac{w}{V}$ calculé.
δ Ca M ([1])	0,63	0,56
ε Aur ([5])	0,42	0,44
η Aqu ([3])	0,24	0,24
α Ca Mi ([6])	−0,27	−0,16

4. Les étoiles de forte gravité, telles par exemple le soleil, τ Scorpii, ne peuvent présenter de fortes vitesses turbulentes, en raison de la forte dissipation. Il est possible de montrer que dans une atmosphère isotherme, la

([4]) LAMB, *Hydrodynamique*, 6e édit., p. 541.

([5]) STRUVE et ELVEY, *Ap. J.*, 79, 1934, p. 409.

([6]) K. O. WRIGHT, *J. R. A. S.*, Canada, 41, 1947, p. 49.

vitesse d'agitation maximum, en raison de la dissipation est donnée par

$$\frac{gt}{V} = \frac{6\pi\sqrt{x}(0,6+x)}{3x+1}.$$

Dans le cas du soleil, on trouve ainsi $w < 0,2$ km/sec. On explique également ainsi les faibles vitesses d'agitation observées ([7]) dans τ Scorpii.

CHALEUR. — *Sur une solution de l'équation de Fourier.* Note (*) de M. **Marius Aubert**, présentée par M. Joseph Pérès.

A propos du régime thermique non permanent dans un mur indéfini, G. Ribaud ([1]) a mis en évidence et étudié les propriétés d'une nouvelle classe de solutions tendant à exprimer la répartition de la température $\Theta(x, t)$ en fonction des conditions aux limites dépendant d'expressions de plus en plus générales du flux de chaleur même.

G. Ribaud parvient à ce résultat au moyen d'une solution de l'équation de la chaleur de la forme $\Theta = t^m f(x/\sqrt{4at})$. Posant $x/\sqrt{4at} = z$ il obtient l'équation différentielle suivante relative à $f(z)$

$$f'' + 2zf' - 4mf = 0. \tag{1}$$

Un certain nombre de propriétés des solutions de (1) ont été indiquées par G. Ribaud ([1]) et J. Nordon ([2]).

L'équation en question est du type hypergéométrique à confluences, elle admet manifestement un couple fondamental de solutions fondamentales, l'une paire et l'autre impaire. Posant $f' = e^{-z^2}p(z)$ on est conduit à

$$p'' - 2zp' - 4mp = 0,$$

équation qui pour $2m = -n$ (n entier positif) est précisément l'équation des polynomes d'Hermite.

Faisant le nouveau changement de variables $z = iz'$ puis négligeant l'accent dans l'écriture, on retrouve l'équation de Ribaud

$$p'' + 2zp' + 4mp = 0,$$

mais avec un changement de signe de m. Il y a donc des polynomes de G. Ribaud qui satisfont à la proposée pour $2m$ entier positif et il existe entre ces polynomes R et les polynomes d'Hermite H la relation très simple.

$$R_{2m}(z) = H_{-2m}(iz).$$

([7]) Unsold, *Z. f. Ap.*, 21, 1941, p. 22.

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 140, 204 et 449.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 167.

Pour définir le facteur de proportionnalité des polynomes R_{2m} on pourra, par exemple, prendre pour le polynome d'Hermite corrélatif celui qu'on a adopté en mécanique quantique dans la théorie de l'oscillateur harmonique ([3]).

En résumé, que $2m$ soit entier positif ou négatif, l'une des deux fonctions considérées, soit f, soit $p=e^{z^2}f'$ est un polynome connu *a priori*, c'est-à-dire l'un de ceux dont nous venons de préciser la structure.

Cette convention de dualité dans le domaine de la variable réelle entre les polynomes R et H et, d'une façon plus générale, entre leurs équations différentielles paraît féconde. Ainsi, dans le second cas, où $2m$ est un entier négatif, la solution f se déduira d'une simple quadrature.

Nous avons évidemment obtenu que la moitié des solutions correspondant à celles qui se rattachent à la solution polynome pour l'une et l'autre équation mises en parallèles et $|2m|$ entier.

On établit par la méthode de Laplace que pour $-2m>0$ (m quelconque), l'équation (1) admet le système de solutions suivantes, respectivement paire et impaire

$$f_1(z)=\int_0^\infty u^{-2m-1}\cos uz\, e^{-\frac{u^2}{4}}\,du, \qquad f_2(z)=\int_0^\infty u^{-2m-1}\sin uz\, e^{-\frac{u^2}{4}}\,du.$$

Pour $-2m<0$ nous utiliserons l'équation d'Hermite dont les solutions relativement à $p=e^{z^2}f'$ seront

$$p_1(z)=\int_0^\infty u^{2m-1}\operatorname{ch} uz\, e^{-\frac{u^2}{4}}\,du, \qquad p_2(z)=\int_0^\infty u^{2m-1}\operatorname{sh} uz\, e^{-\frac{u^2}{4}}\,du,$$

l'intégrale pour $m=0$ étant $f(z)=\int_{z_0}^{z} e^{-u^2}du$.

Ces formules conduisent aux développements en série

$$R_m^0(z)=s+\frac{m}{2!}(2z)^2+\frac{m(m-1)}{4!}(2z)^4+\ldots+\frac{m(m-1)\ldots[m-(n-1)]}{(2n)!}(2z)^{2n}+\ldots,$$

$$R_m^1(z)=z+\frac{2m-1}{2.3!}(2z)^3+\frac{(2m-1)(2m-3)}{2^2.5!}(2z)^5+\ldots$$
$$+\frac{(2m-1)(2m-3)\ldots[2m-(2n-1)]}{2^{2m-1}(2n+1)!}(2z)^{2n+1}+\ldots.$$

Quel que soit $2m$, on peut donc exprimer au moyen d'une combinaison linéaire de R_m^0 et R_m^1 ou de R_{-m}^0 et R_{-m}^1, soit la fonction f proprement dite dans le premier cas soit la fonction auxiliaire $p=e^{z^2}f'(z)$ dans le second cas et les déduire ensuite l'une de l'autre par voie de réciprocité.

([3]) L. Pauling et F. B. Wilson, *Introduction to quantum Mechanics*, 1re éd., 1935, p. 81.

PYROTECHNIE. — *Étude des lois de combustion des poudres colloïdales. Remarques sur la loi :* $V = a + bP$. Note (*) de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

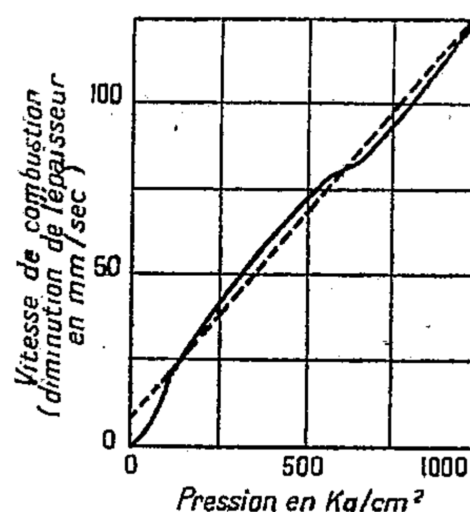
L'étude de la combustion des poudres colloïdales en vase clos nous a conduits à la conclusion que la loi qui règle la vitesse de combustion en fonction de la pression doit être mise sous la forme $V = a + bP$, le logarithme de b étant une fonction linéaire de la température absolue d'explosion de la poudre. A titre d'exemple, la vitesse de combustion (diminution d'épaisseur des brins, tubes ou lames en millimètres par seconde) pour une poudre sans dissolvant d'un type normal est donnée par la formule $V = 10 + 0{,}100\ P$, la pression P étant exprimée en kg/cm². Nous avons montré que la valeur de a varie peu avec la température d'explosion de la poudre et que, par conséquent, l'origine de a ne peut être recherchée dans un apport d'énergie par rayonnement, mais plus probablement dans un apport d'énergie par conductibilité, indépendant de la pression et proportionnel au temps.

Nous allons montrer que les phénomènes observés pourraient recevoir une autre explication. Nous avons précédemment admis que la décomposition des poudres colloïdales à base d'éthers nitriques s'effectue en trois phases :

Phase A. — L'azote nitrique de la poudre est libéré sous forme de NO, il se forme un abondant dépôt de carbone. La température est basse, voisine de 1700° K. pour toutes les poudres.

Phase B. — Le NO oxyde CO et H_2. La température est très élevée.

Phase C. — Le carbone libre réagit sur CO_2 et H_2O. La température diminue et le volume gazeux augmente. L'équilibre thermodynamique, régi par l'équation d'équilibre du gaz à l'eau, s'établit.



(Pour réduire les dimensions du graphique, nous l'avons limité aux pressions inférieures à 1000 kg/cm²).

Nous allons maintenant admettre : 1° Que la phase C n'existe que dans la zone des hautes pressions : 1000 kg/cm² et au-dessus. Dans cette zone, la

(*) Séance du 14 février 1949.

température est indépendante de la pression (tout au moins si la poudre contient assez d'oxygène pour qu'il n'y ait pas formation de méthane).

2° Que la réaction A n'existe que dans la région des pressions inférieures à environ 50 kg/cm². Pour ces faibles pressions, la proportion de NO augmente à mesure que diminue la pression. La température, et par conséquent la vitesse de combustion, s'abaissent très rapidement [1].

3° Qu'il existe, entre 50 et 1000 kg/cm² une zone où la réaction B intervenant, la température des gaz émis par la poudre est plus élevée que la température des gaz émis sous haute pression. Admettons pour un instant que la loi de combustion soit de la forme $V = bP$ et non de la forme $V = a + bP$ et supposons arbitrairement que la température des gaz émis varie en fonction de la pression comme l'indique le tableau suivant :

P Pression (kg/cm²).	T (°K).	Vitesse de combustion sous 1000 kg/cm² (mm/sec).	Vitesse de combustion sous la pression P (mm/sec).	
4000...	2700	125	500	Zone de la réaction C température constante.
3000...	»	125	375	
2000...	»	125	250	
1000...	»	125	125	
700...	2700	125	87,5	
600...	2800	134	80,4	Intervention de la réaction B température croissante.
500...	2900	142	71,0	
400...	3000	151	60,4	
300...	3100	161	48,3	
200...	3200	171	34,2	
100...	3300	182	18,2	
80...	3000	151	12,1	Intervention de la réaction A température décroissante.
60...	2700	125	7,5	
40...	2400	104	4,2	
20...	2100	86	1,7	
0...	1800	71	0	

Portons les valeurs de P et de V sur un graphique, tout naturellement la droite obtenue à haute pression se trouve déformée dans la région où nous avons admis l'existence de la phase B. Mais nous constatons immédiatement que la courbe peut être compensée par une droite qui ne conduit plus comme la droite des hautes pressions à $a = 0$, mais à $a = 8$; les écarts entre la courbe et la droite étant d'ailleurs minimes et de l'ordre des erreurs expérimentales que l'on rencontre dans les tirs à la bombe. Avec cette hypothèse, que l'on ne peut rejeter *a priori*, la véritable loi de combustion serait de la forme $V = bP$ et

(1) Voir *Chimie et Industrie*, 47, n° 4, 1942, p. 476.

non $V = a + bP$ et l'augmentation de la vitesse de combustion observée aux pressions moyennes, entre 50 et 1000 kg/cm² aurait pour origine l'apparition dans cette zone de pression de la réaction B, avec élévation de la température. Il faut cependant remarquer :

1° Que l'hypothèse formulée ne peut être admise pour les poudres à haute température d'explosion (forte teneur en nitroglycérine, 50 %, par exemple), la réaction B ne pouvant jouer pour ces poudres qu'un rôle très minime ou nul.

2° Que, dans tous les tirs que nous avons exécutés dans la région des hautes pressions, entre 1000 et 4000 kg/cm², nous avons observé une variation du $K_1 \left(\int P\,dt\right)$ qui, même dans cette région des hautes pressions, n'est pas constant, mais augmente avec la pression. Les différences sont faibles, mais paraissent réelles. Ces variations du K_1 semblent bien indiquer que, même sous ces hautes pressions, la loi de combustion est de la forme $V = a + bP$.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Mécanismes d'adsorption et relation de Gibbs.* Note (*) de M. **Jean Guastalla**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Soit une solution d'un corps à tensioactivité positive. L'émersion de la partie hydrophobe d'une molécule *isolée* libère une énergie W_0 [1]. L'énergie d'activation nécessaire à sa plongée sera donc W_0. Mais si un grand nombre de molécules adsorbées forment un film exerçant une pression superficielle p (égale à l'abaissement $-\Delta\gamma$ de la tension superficielle), une molécule en plongeant se dégagera de l'action de ses voisines, et bénéficiera d'une *énergie d'expulsion* W_e qui facilitera la plongée, d'où au total une énergie d'activation $U = W_0 - W_e$.

Pour calculer W_e, on supposera qu'une équation d'état du film relie la pression superficielle p et l'aire moléculaire σ ou son inverse δ. Soit p_c la pression due à l'énergie cinétique des molécules du film. La pression d'origine statique, responsable de l'énergie potentielle, s'écrira $p_s = p - p_c$. Cette énergie potentielle est égale au travail de détente de la pression statique p_s.

L'énergie d'expulsion W_e d'une molécule sera la différence entre l'énergie potentielle W_2 d'un film couvrant l'unité de surface et contenant N molécules (aire moléculaire $\sigma_2 = 1/N$), et l'énergie potentielle W_1 d'un film couvrant la même surface et contenant (N — 1) molécules [aire moléculaire $\sigma_1 = 1/(N - 1)$]. On a donc

$$W_2 = N\int_{\sigma_2}^{\infty} p_s\,d\sigma = N\int_{\sigma_2}^{\sigma_1} p_s\,d\sigma + N\int_{\sigma_1}^{\infty} p_s\,d\sigma,$$

$$W_1 = (N-1)\int_{\sigma_1}^{\infty} p_s\,d\sigma = N\int_{\sigma_1}^{\infty} p_s\,d\sigma - \int_{\sigma_1}^{\infty} p_s\,d\sigma.$$

(*) Séance du 14 février 1949.

(1) *Cf.* Ward, *Trans. Far. Soc.*, **42**, 1946, p. 399.

Comme par ailleurs $N = \sigma_1/(\sigma_1 - \sigma_2)$,

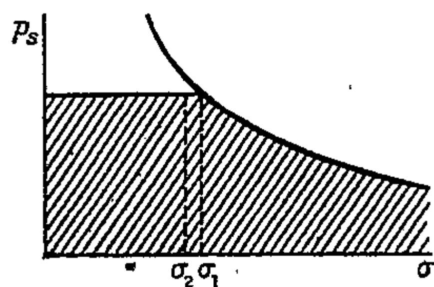
$$W_e = W_2 - W_1 = \int_{\sigma_1}^{\infty} p_s\,d\sigma + \frac{\sigma_1}{\sigma_1 - \sigma_2}\int_{\sigma_1}^{\sigma_2} p_s\,d\sigma,$$

mais σ_2 et σ_1 sont très voisins :

$$W_e = \int_{\sigma_1}^{\infty} p_s\,d\sigma + \sigma_1 p_{s(\sigma_1)}.$$

La représentation graphique (figure) montre que cette énergie peut s'écrire

$$W_e = \int_0^{p_{s(\sigma_1)}} \sigma\,dp_s \quad (^2).$$



Ceci posé, considérons, avec Langmuir [3], l'équilibre superficiel d'une solution tensioactive comme une compensation de l'adsorption par la désorption. Admettons que, *à l'équilibre*, le nombre n_1 de molécules que l'unité de surface fixe (pour plus ou moins longtemps) pendant l'unité de temps est proportionnel à la concentration c de la solution (*supposée suffisamment diluée*). On aura

$$n_1 = A_1 c.$$

D'autre part, admettons que la probabilité de plongée d'une molécule du film soit proportionnelle à $\exp[-(W_0 - W_e)/kT]$. Le nombre de molécules qui quittent l'unité de surface pendant l'unité de temps, nombre proportionnel à la probabilité de plongée et à la concentration superficielle moléculaire δ, s'écrit

$$n_2 = A_2\delta \exp\frac{-(W_0 - W_e)}{kT}.$$

A l'équilibre, on aura $n_1 = n_2$, c'est-à-dire $Ac = \delta\exp[-(W_0 - W_e)/kT]$; ou encore

$$\text{Log}\,A + \text{Log}\,c - \text{Log}\,\delta = -\frac{1}{kT}\left(W_0 - \int_0^{p_{s(\sigma_1)}} \sigma\,dp_s\right).$$

Dérivons par rapport à la concentration superficielle moléculaire $\delta(=1/\sigma)$:

$$\frac{1}{c}\frac{dc}{d\delta} - \frac{1}{\delta} = \frac{1}{kT}\frac{1}{\delta}\frac{dp_s}{d\delta} = \frac{1}{kT}\frac{1}{\delta}\left(\frac{dp}{d\delta} - \frac{dp_c}{d\delta}\right).$$

(2) Dans le cas de la figure, p_s est supposé toujours positif. Un calcul analogue peut être fait dans un cas plus général.

(3) *J. A. C. S.*, **39**, 1917, p. 1883.

Or, $p_c = kT\delta$ (loi des films gazeux); la relation précédente devient

$$\frac{1}{c}\frac{dc}{d\delta} - \frac{1}{\delta} = \frac{1}{kT}\frac{1}{\delta}\frac{dp}{d\delta} - \frac{1}{\delta},$$

ou

$$\delta = \frac{c}{kT}\frac{dp}{dc} = -\frac{c}{kT}\frac{d\gamma}{dc},$$

ou encore, Γ étant la concentration superficielle molaire :

$$\Gamma = -\frac{c}{RT}\frac{d\gamma}{dc},$$

ce qui est une forme simplifiée de la relation classique de Gibbs (dans laquelle toutefois Γ est défini d'une façon un peu différente).

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Vérification de la loi d'adsorption de Gibbs.* Note (*) de Mme **Lisbeth Mibashan-Sharaga**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'équilibre d'adsorption des solutions tensioactives est régi par une équation établie par W. Gibbs. Soit a l'activité en solution du corps dissous, γ la tension superficielle de la solution à l'équilibre; l'excès Γ de concentration molaire du soluté adsorbé, évalué en moles par centimètre carré dans la zone superficielle (d'épaisseur arbitraire) est

$$\Gamma = -\frac{d\gamma}{RT\, d\operatorname{Log} a}. \qquad (1)$$

La vérification de cette relation demande la connaissance de Γ et celle des variations de γ en fonction de a. La plupart des essais tentés jusqu'à ce jour n'ont abouti qu'à des vérifications d'ordre de grandeur (1).

J'ai entrepris la vérification de la relation de Gibbs pour des solutions d'acide laurique dans l'eau acidulée. On supposera, avec Langmuir, que les couches adsorbées sont pratiquement monomoléculaires (c'est-à-dire que l'excès de concentration est localisé sur le plan de la surface). Par ailleurs, la différence entre la tension superficielle de la solution et celle de l'eau pure peut être considérée comme égale à la pression superficielle de la couche monomoléculaire adsorbée. Ayant établi expérimentalement l'isotherme du film d'acide laurique (2), je connais les valeurs de $p = \Delta\gamma$ en fonction de l'aire moléculaire σ, ou encore en fonction de la concentration superficielle molaire Γ. Enfin on

(*) Séance du 14 février 1949.

(1) Donnan et Barker, *Proc. Roy. Soc.* A. 85, 1911, p. 557; Bancelin, *J. Chim. Phys.*, 22, 1925, p. 252; Mc Bain et Humphreys, *J. Phys. Chem.*, 36, 1932, p. 300.

(2) L. Mibashan-Sharaga, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 548.

admettra que, pour les solutions extrêmement diluées qui sont étudiées ici, l'activité a peut être confondue avec la concentration molaire c de la solution. L'équation (I) s'écrira alors

$$(\text{I}') \qquad \Gamma = -\frac{d\gamma}{\text{RT}\, d\, \text{Log}\, c}.$$

La vérification a été tentée par deux procédés.

I. *Calcul de* Γ *à partir de la courbe expérimentale d'adsorption.* — Frumkin [3] a mesuré, par la méthode Wilhelmy, les tensions superficielles d'équilibre de solutions d'acide laurique dans l'eau acidulée (0,07 N. HCl). J'ai moi-même entrepris la vérification de ses mesures, par une méthode analogue, mais je n'ai pu jusqu'à présent qu'encadrer correctement les valeurs de Frumkin, sans

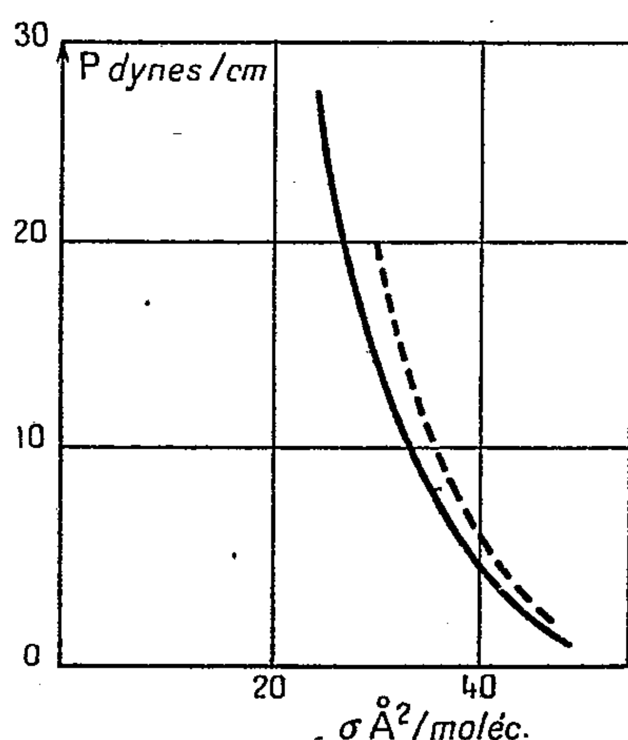


Fig. 1. — Trait plein : isotherme exp.; pointillé : courbe calculée Gibbs-Frumkin.

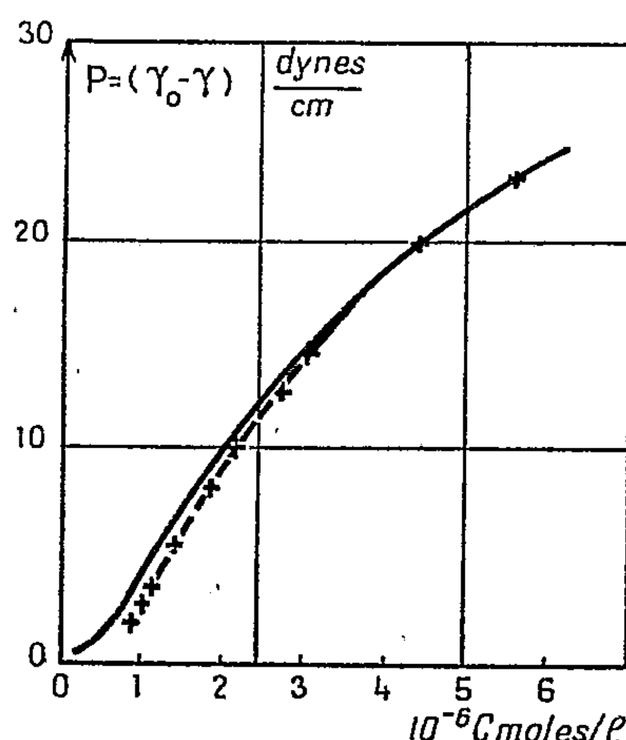


Fig. 2. — Trait plein : données de Frumkin; croix et pointillé : valeurs calculées.

parvenir encore à la précision de ses résultats. J'adopterai les données de Frumkin dans ce qui va suivre.

Portons sur du papier semi-logarithmique les abaissements de tension $\Delta\gamma$ en fonction des concentrations c de la solution (pour $T = 18°$ C.). D'après l'équation de Gibbs (I'), la concentration superficielle molaire Γ est proportionnelle à la dérivée graphique de la courbe ainsi tracée. On en tire pour chaque concentration l'aire moléculaire $\sigma = \Gamma/\mathcal{N}$, et l'on trace ainsi l'*isotherme calculée* (Gibbs-Frumkin) $\Delta\gamma = f(\sigma)$ (vers 18° C.) (courbe pointillée de la figure 1). La concordance est assez satisfaisante : les écarts ne dépassent pas 9 %. Pourtant les points calculés se situent systématiquement à droite des points expérimentaux.

II. *Établissement théorique de la courbe d'adsorption.* — Tentons l'opération inverse. On a vu [2] que l'isotherme expérimentale de l'acide laurique pouvait

(3) FRUMKIN, *Zeits. Physik. Chem.*, 116, 1925, p. 466.

être représentée très correctement par l'équation d'état de J. Guastalla. Après identification des deux paramètres de l'équation, on a obtenu, en fonction des densités superficielles moléculaires, $\delta = 1/\sigma$,

$$(\text{II}) \qquad p = 208\,000\,\delta^{\frac{5}{2}} - 6950\,\delta^{\frac{3}{2}} + 400\,\delta.$$

Par ailleurs l'équation de Gibbs peut être mise sous la forme

$$(\text{III}) \qquad \text{RT}\,\text{Log}\frac{c}{\text{A}} = \int \frac{1}{\Gamma}\left(\frac{dp}{d\Gamma}\right)d\Gamma \qquad \text{(où A est une constante d'intégration).}$$

Remplaçons $dp/d\Gamma$ par la dérivée calculée d'après (II) et intégrons. Nous avons

$$(\text{IV}) \qquad \text{Log}\frac{c}{\text{A}} = 371\,\delta^{\frac{3}{2}} - 22,4\,\delta^{\frac{1}{2}} + 0,987\,\text{Log}\,\delta.$$

A partir d'une série de valeurs de δ, il est alors possible de calculer d'une part c/A (par l'équation IV) et d'autre part les valeurs correspondantes de $p = \Delta\gamma$ [par l'équation d'état (II)]. Cela revient à dire que l'on peut, en donnant à la constante d'intégration A une série de valeurs, construire une gerbe de courbes dont *l'une* doit coïncider avec la courbe expérimentale d'adsorption. *Un* point expérimental permettra de déterminer A, c'est-à-dire de choisir dans la gerbe la courbe convenable. La valeur de A ainsi déterminée est $5,5.10^{-3}$. La courbe correspondante est dans son ensemble en bonne concordance avec la courbe expérimentale d'adsorption de Frumkin.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Réduction à l'unité des expressions du principe de Huyghens pour les ondes électromagnétiques.* Note (*) de MM. **François Croze** et **Georges Darmois**, présentée par M. Aimé Cotton.

Pour qu'un système de formules constitue une expression mathématiquement et physiquement correcte du Principe de Huyghens pour les ondes électromagnétiques, il ne suffit pas (condition 1) qu'il donne une expression exacte des champs $\vec{E}$ et $\vec{H}$ envoyés en un point quelconque P par une source Σ, en présentant chacun de ces champs comme la résultante de champs élémentaires envoyés par les éléments d'une surface S séparant le point P de la source Σ. Il faut encore (condition 2) que, si la surface S enferme complètement la source primaire Σ, les sources secondaires distribuées sur cette surface soient telles que les champs engendrés par elles aient une résultante nulle pour tout point P situé entre la surface S et la source Σ. Il faut, de plus (condition 3) que les ondes secondaires émanant des divers éléments de la surface S soient de véritables ondes électromagnétiques [1].

(*) Séance du 21 février 1949.

[1] B. B. Baker et F. T. Copson, *The mathematical Theory of Huygens Principle*, Oxford, 1939, p. 103.

Mais alors on dût s'attendre que celles des formules proposées qui satisfont à ces trois conditions puissent toutes être ramenées à une forme unique. C'est ce qui a lieu pour les formules qui ont été proposées successivement par Love ([2]), Macdonald ([3]), Larmor ([4]), Bromwich ([5]), Schelkunoff ([6]), Louis de Broglie ([7]), Novobatzky ([8]) (cas d'une surface S limitée) et Franz ([9]).

D'après ces formules, le champ électrique $d\vec{E}$ envoyé par un élément $d\sigma$ pris autour d'un point O de la surface S en un point P à la distance $r = \overrightarrow{OP}$, est la superposition des deux champs $d\vec{E}' = \vec{e}'\,d\sigma$ et $d\vec{E}'' = \vec{e}''\,d\sigma$ engendrés respectivement par un doublet électrique et par un doublet magnétique. Dans le vide, et pour une onde monochromatique de fréquence $kc/2\pi$, ces deux champs sont donnés par les formules suivantes :

$$(I)\qquad \begin{cases} \vec{e}' = -q\vec{a} + \dfrac{1}{q}\,\text{grad div}\,\vec{a} & \text{avec}\quad 4\pi\vec{a} = \left[\vec{n}\times\vec{H}_0\right] r^{-1}\,e^{-ikr}, \\ \vec{e}'' = \text{rot}\,\vec{a}' & \text{avec}\quad 4\pi\vec{a}' = \left[\vec{n}\times\vec{E}_0\right] r^{-1}\,e^{-ikr}. \end{cases}$$

où $\vec{E}_0$ et $\vec{H}_0$ ont les champs dans l'onde primaire sur l'élement $d\sigma$, $\vec{n}$ un vecteur unitaire normal à l'élément $d\sigma$ dans le sens de la propagation, q un opérateur égal ici à ik ([10]).

On doit s'attendre d'autre part que celles des formules proposées qui ne peuvent pas se ramener à celles-là ne satisfassent pas à l'une au moins des conditions 1, 2 et 3. C'est effectivement ce qui a lieu.

C'est ainsi que la condition 3 n'est satisfaite ni dans la formule de Kirchhoff, ni dans les formules qui ont été proposées successivement par von Ignatowsky ([11]), Tonolo ([12]), Tedone ([13]), Kottler ([14]), Stratton et Chu ([15]) et, (cas d'une surface fermée) Novobatzky ([8]). Pour le montrer, il suffit de considérer le cas où la surface S est une surface d'onde, plane ou de grand rayon, et de chercher les

([2]) *Phil. Trans.*, **197** A, 1901, p. 1.

([3]) *Electric. Wares*, Cambridge, 1901, p. 16-17.

([4]) *Proc. London Math. Soc.*, (2), **1**, 1903, p. 1; (2), **19**, 1921, p. 169.

([5]) *Proc. London Math. Soc.*, (2), **28**, 1928, p. 438.

([6]) *Bell. System Techn. J.*, **15**, 1936, p. 92.

([7]) *Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques*, Paris, 1941, p. 95-103.

([8]) *Zeits. f. Phys.*, **119**, 1942, p. 102.

([9]) *Zeits. f. Naturforschung*, **3a**, 1948, p. 500.

([10]) *Cf.* F. Croze et E. Durand, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 236; F. Croze et P. Boillet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 305.

([11]) *Ann. d. Phys.*, **23**, 1907, p. 875.

([12]) *Annali di Mathematica*, (3), **17**, 1910, p. 28.

([13]) *Rendiconti Lincei*, **26**, 1917, p. 286.

([14]) *Ann. der. Phys.*, **71**, 1923, p. 457.

([15]) *Phys. Rev.*, **56**, 1939, p. 99.

expressions des composantes du champ électrique $\overrightarrow{dE}$ suivant les directions Ox_1, Ox_2, Ox_3 des champs E_0 et H_0 et de la propagation.

On trouve ainsi que le champ $\overrightarrow{dE}$ donné par la formule de Kirchhoff comprend seulement la partie du champ dû au doublet magnétique représentée par la composante suivant Ox_1 de $\text{rot}\,\vec{a}'$ et la partie du champ dû au doublet électrique représentée par $-q'\vec{a}$, laquelle n'a ici qu'une composante suivant Ox_1. Le champ $\overrightarrow{dE}$ sera donc toujours parallèle au champ électrique primaire $\vec{E}_0$, de sorte qu'il aura en général une composante longitudinale. Quant aux autres formules indiquées ci-dessus, elles donnent exactement la partie du champ électrique $\overrightarrow{dE}$ due au doublet magnétique, mais elles ne donnent de la contribution du doublet électrique que la partie, parallèle au champ électrique primaire $\vec{E}_0$, donnée par la formule de Kirchhoff. Si la surface d'onde considérée n'est pas entière, mais est limitée par un contour C, ces diverses formules ne donnent d'ailleurs pas pour le champ *résultant* $\vec{E}$ des expressions satisfaisant en général aux équations de Maxwell. Pour les rendre correctes, il faut leur ajouter, soit les intégrales étendues au contour C indiquées par Kottler([14]), soit les intégrales équivalentes, étendues à la surface d'onde, qui ont été indiquées par Louis de Broglie ([7]) et par Novolatzky ([8]). Dans ce dernier cas, on retrouve les formules (I).

C'est au contraire la condition 2 qui n'est pas satisfaite dans la formule proposée par Foix ([16]), celle-ci faisant intervenir seulement le doublet magnétique, qui donne un champ de même grandeur en *arrière* et en avant de l'onde. Quant à la formule donnée par Luneberg ([17]), elle est le double de la première partie de la formule de Kirchhoff, si bien qu'elle ne satisfait à aucune des conditions 2 et 3, ni même en général à la condition 1,

CHIMIE PHYSIQUE. — *La protection des moteurs d'avion contre la rouille, et les indications trompeuses données par le chlorure de cobalt, comme indicateur hygrométrique.* Note (*) de M. **George F.-Jaubert**, présentée par M. Albert Caquot.

Étant donnée la valeur vénale considérable que présentent à l'heure actuelle les moteurs d'avion, les aviations militaires et civiles se sont trouvées devant un nouveau problème : la protection des moteurs, au cours de leur stockage.

([16]) *J. de Phys.*, (8), 1, 1940, p. 311.
([17]) *Mathematical Theory of Optics*, Providence, 1944, p. 360.
(*) Séance du 14 février 1949.

On sait que si l'humidité relative de l'air descend au-dessous d'un certain chiffre (environ 50 % d'humidité relative), que l'on nomme *point de rouille*, les métaux ferreux ne sont plus oxydés par l'air humide.

On a donc cherché à produire, tant à l'intérieur du moteur qu'à l'extérieur, une atmosphère dont le degré de siccité soit inférieur au point de rouille.

Pour réaliser cet état hygrométrique spécial, les Américains se sont adressés au gel de silice coloré au chlorure de cobalt.

Celui qui a eu le premier l'idée de teindre le gel de silice, naturellement blanc ou incolore, au moyen du chlorure de cobalt (qui est bleu lorsqu'il est anhydre et rose lorsqu'il est hydraté), était persuadé que le produit ainsi teint, resterait bleu aussi longtemps que le gel de silice n'aurait pas absorbé son maximum de vapeur d'eau, et qu'à ce moment, mais à ce moment seulement, la coloration bleue virerait au rose. Malheureusement il n'en est rien.

Ne faisant entre eux aucune combinaison, le gel de silice et le chlorure de cobalt réagissent chacun pour leur propre compte vis-à-vis de la vapeur d'eau. Or le chlorure de cobalt étant un déshydratant infiniment plus énergique que le gel de silice, il s'hydrate le premier et vire au rose, alors que le gel de silice est encore très loin d'avoir absorbé son maximum de vapeur d'eau. De nombreux essais montrent qu'à la température ordinaire le gel du commerce coloré au chlorure de cobalt est déjà rose dans toutes ses parties, alors qu'il a absorbé 25 à 30 %, de la totalité de la vapeur d'eau qu'il est susceptible d'absorber.

L'indépendance des deux réactions est tellement nette, que l'on peut *à volonte* n'hydrater que le chlorure de cobalt, et faire passer entièrement au rose du gel de silice cobalté bleu, si on le met dans une atmosphère très pauvre en vapeur d'eau (soit en l'exposant à l'atmosphère de l'un des mélanges de Regnault, soit en le soumettant à une basse température). Ou, au contraire, étant donné que la combinaison de la vapeur d'eau avec le gel de silice, est très faible, et très forte avec le chlorure de cobalt, on peut parfaitement régénérer complètement le gel de silice, sans régénérer du tout le chlorure de cobalt hydraté.

En d'autres termes, suivant comment on procède, pour régénérer le gel de silice cobalté, on peut l'avoir à l'état rigoureusement anhydre; soit rose, soit bleu, au choix : rose lorsqu'il est simplement régénéré dans de l'air desséché, et bleu lorsqu'il est régénéré à 180°.

Pour créer une atmosphère très raréfiée en vapeur d'eau, on emploie des solutions de concentration connues en acide sulfurique. La solution que nous utilisons est celle faite avec de l'acide pur, étendu avec de l'eau distillée jusqu'à 47°B. Cette solution correspond à une densité de 1,475, soit 58 % d'acide sulfurique pur, avec une tension de vapeur de $2^{mm},67$, soit la tension de la glace à — 7°C., ce qui représente déjà une atmosphère assez raréfiée en vapeur d'eau.

Pour faire un essai, on met une certaine quantité de cet acide dans un Erlenmeyer, et l'on y suspend la bougie déshydratante chargée en gel bleu, tel qu'il est livré dans le commerce. On a, au préalable, réactivé le gel à 180°, pesé

la bougie vide, ainsi que le gel cobalté qu'elle contient, et l'on n'a plus qu'à observer, en pesant à intervalles réguliers la bougie, et en notant le changement de coloration du gel. Dès les premières heures, le chlorure de cobalt est attaqué. Il commence à rosir au niveau de la grille perforée obturant le bas de la bougie, et la coloration se propage peu à peu à toute la masse. On obtient ainsi une bougie dont le gel est, pour ainsi dire, anhydre, mais qui est rose, le chlorure de cobalt seul s'étant entièrement hydraté. C'est le phénomène qui se passe lorsque les moteurs sont stockés par temps froid. On change alors la bougie puisqu'elle est devenue rose, et l'on peut recommencer indéfiniment.

Ce cas doit se produire lorsqu'il fait froid, ou encore, lorsque après un essai au banc, il ne reste que peu de vapeur d'eau dans les cylindres. Seul, ou à peu près, le chlorure de cobalt s'hydrate, vire du bleu au rose, et croyant que la bougie est devenue inactive, on la remplace par une bougie neuve, alors que le gel de silice de la première est encore parfaitement actif.

L'expérience inverse est encore plus facile : on prend du gel hydraté rose, que l'on pèse exactement et que l'on place dans un exsiccateur, dont l'atmosphère est rendue anhydre, par de l'acide sulfurique concentré, ou du chlorure de calcium, ou encore de l'anhydride phosphorique. L'eau s'échappe lentement du gel de silice hydraté, ce qu'indique la diminution de poids, qu'enregistre la balance. Il arrive un moment où cet abaissement de poids s'arrête, c'est que le gel est intégralement régénéré. Mais l'atmosphère sèche a été sans action sur le chlorure de cobalt hydraté, et ce dernier reste rose, et l'on se trouve devant ce phénomène paradoxal, d'avoir du gel cobalté anhydre et rose.

On peut dire qu'à l'heure actuelle, plus de 50 % du gel cobalté, employé à la protection des moteurs d'avions, est ou simplement jeté, ou régénéré, avant qu'il n'en ait réellement besoin. Ce qui n'est pas sans entraîner des dépenses.

Il y a encore un point, c'est l'action néfaste qu'exerce le chlorure de cobalt sur le pouvoir d'absorption de la vapeur d'eau par le gel de silice. Le chlorure de cobalt fait perdre à ce dernier 50 % et plus de son pouvoir absorbant.

Le fait n'a rien de surprenant, si l'on réfléchit que tout le pouvoir d'absorption du gel de silice est basé sur l'attraction capillaire intérieure, exercée par la multitude de canalicules, dont chaque grain de gel est sillonné. Si ces canalicules sont préalablement remplis de chlorure de cobalt, il n'y a rien d'étonnant à ce que le pouvoir absorbant du gel diminue.

Nous n'avons jamais trouvé un gel bleu du commerce capable d'absorber à saturation plus de 25 % environ de son poids de vapeur d'eau, alors que nous avons constaté sur du gel blanc des pouvoirs d'absorption dépassant 60 %.

Ces diverses constatations montrent que le chlorure de cobalt diminue dans de grandes proportions le pouvoir d'absorption du gel de silice pour la vapeur d'eau. Il est à déconseiller, comme indicateur d'humidité, pour la protection des moteurs d'avions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesures de constante diélectrique et d'absorption à 3000 Mc/sec.* Note (*) de MM. **Jean Le Bot** et **Serge Le Montagner**, présentée par M. Aimé Cotton.

A l'aide du montage précédemment décrit ([1]), nous avons effectué diverses mesures de constante diélectrique à 3 000 Mc/sec. Ces mesures ont été faites : 1° sur des corps non polaires : benzène et tétrachlorure de carbone; 2° sur un corps à très faibles pertes : l'éther-oxyde d'éthyle; 3° sur un corps à pertes élevées au voisinage de la bande de Debye : le nitrobenzène.

1° *Corps non polaires.* — Le but de ces expériences était d'éprouver la qualité des mesures faites avec notre montage; nous avons opéré sur le benzène et le tétrachlorure de carbone, corps non polaires, dont la constante diélectrique est bien connue. L'échantillon de benzène pur commercial a été redistillé et séché sur sodium pendant 24 heures; le tétrachlorure a été séché sur chlorure de calcium et redistillé juste avant la mesure. Les résultats des mesures sont les suivants : benzène $t=12°5$ C., $\lambda=10^{cm},20$, $\varepsilon'=2,30$, erreur relative ± 2 %; tétrachlorure de carbone $t=14°$ C., $\lambda=10^{cm},20$, $\varepsilon'=2,26$, erreur relative ± 2 %. Ces valeurs sont en excellent accord avec les données des tables de constantes (respectivement 2 299 et 2 252 en radiofréquences).

2° *Éther-oxyde d'éthyle.* — A $\lambda=10^{cm}$ l'éther est assez loin de la bande de Debye pour que les pertes soient très faibles. Nous avons vérifié qu'elles étaient négligeables à la précision des mesures près, ce qui a permis l'emploi des formules d'approximation indiquées dans la précédente Note. Pour souligner la sensibilité de la méthode et étudier le rôle de la présence d'eau dans un composé organique, nous avons mesuré la constante diélectrique de l'éther pur séché sur sodium et des mélanges éther et eau pour des concentrations en eau allant jusqu'à 1 % ; ces mesures sont résumées dans le tableau ci-dessous :

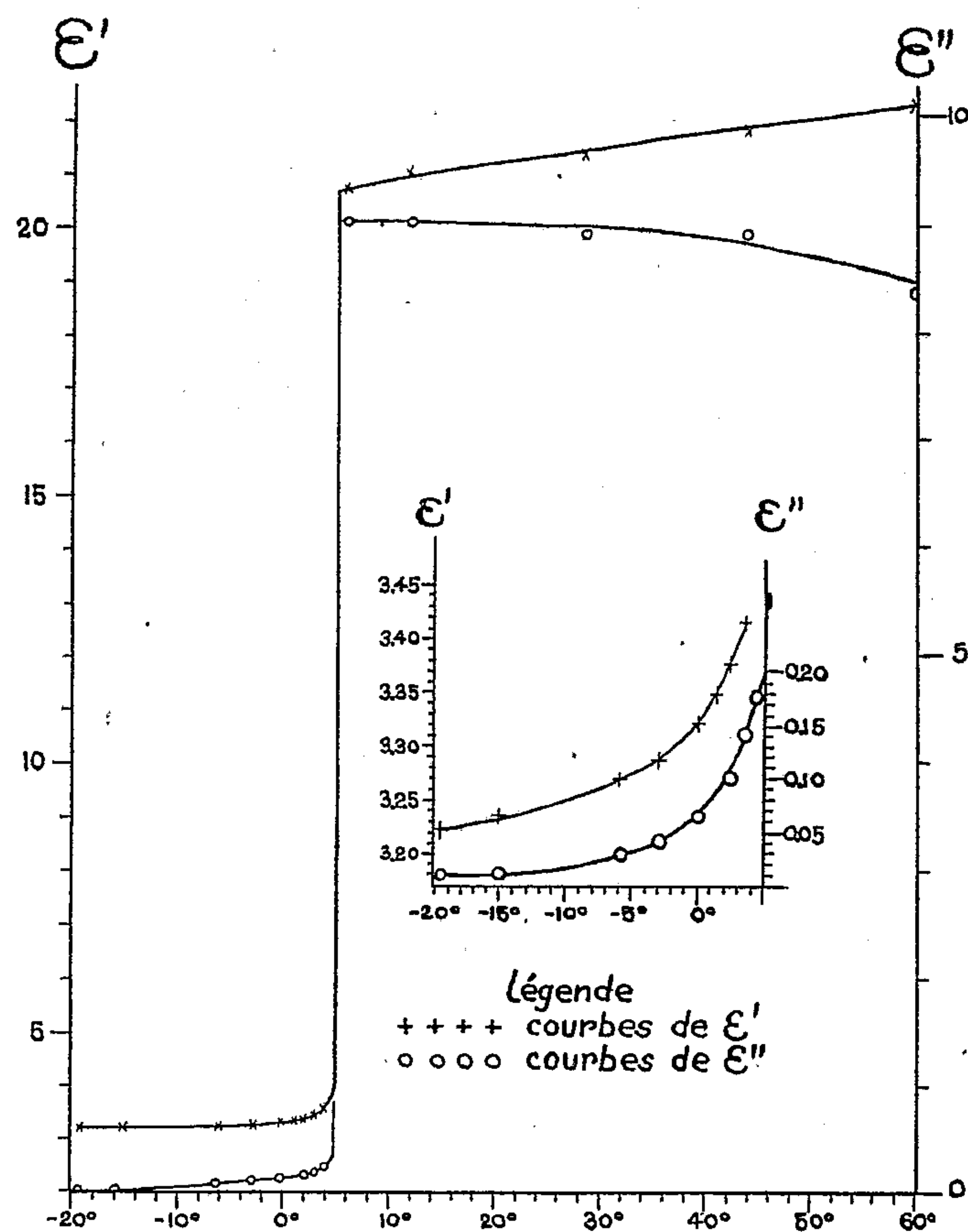
Température (°C.).	Longueur d'onde (cm).	H_2O (%) (en vol.).	ε'.	Température (°C.).	Longueur d'onde (cm).	H_2O (%) (en vol.).	ε'.
12.....	10,19	0	4,55	12.....	10,19	0,4	4,82
12.....	10,19	0,1	4,63	12.....	10,19	0,6	4,95
12.....	10,19	0,2	4,70	12.....	10,19	0,8	5,04

Ces résultats mettent en évidence une relation linéaire entre la constante diélectrique et le pourcentage d'eau aux faibles concentrations en eau; elles montrent en outre, que la valeur obtenue pour l'éther est en accord avec les données des tables (4.51 en radio-fréquences).

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 749.

3. *Nitrobenzène.* — Girard et Abadie ([2]) ont situé le maximum de la bande de Debye du nitrobenzène vers $\lambda = 8^{cm}$, à la température ordinaire; il nous a donc paru intéressant de mesurer la constante diélectrique et l'absorption de ce corps près du maximum de la bande, à $\lambda = 10^{cm},19$ *entre* $-18°$ *et* $+60°$C., en soignant particulièrement les mesures aux températures inférieures au point de fusion ($T_f = +5°$). L'échantillon a été séché sur chlorure de calcium et redistillé sous vide. La solidification était menée avec grand soin (refroidissement très lent) pour éviter la présence de vacuoles à l'intérieur du solide (l'examen de ces solides nous a toujours montré une bonne homogénéité). En outre, le courant d'air sec destiné à éviter le givrage de la fenêtre de mica était refroidi pour éviter une fusion superficielle au voisinage de cette fenêtre. Enfin nous avons effectué les mesures pour des températures croissantes de $-18°$ à $+5°$C. pour éviter tout retard à la solidification. La courbe ci-dessus reproduit nos résultats expérimentaux.



Elle est particulièrement intéressante au voisinage du point de fusion :

([2]) *Trans. Far. Soc.*, 42, 1946, p. 40.

au lieu d'observer une brusque discontinuité pour ε' et ε'', on note un coude marqué qui s'amorce pour des températures de l'ordre de -10°, bien inférieures donc au point de fusion. Ce résultat semble mettre en évidence l'existence d'une dispersion dans le solide au voisinage de la fusion (rotations libres dans le cristal ?). Il y aurait lieu de reprendre à nouveau ces mesures en radio-fréquences ([3]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'oxydation de l'iodure de potassium en solution aqueuse par les rayonnements ionisants.* Note (*) de M. **Marc Lefort**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'iodure de potassium en solution aqueuse est oxydé par les rayons X et les rayons α ([1]). J'ai poursuivi l'étude cinétique de cette réaction en examinant par photocolorimétrie l'influence de la concentration en iodure et du pH sur la quantité d'iode formé.

Les résultats principaux qui ont été observés en présence d'oxygène sont les suivants :

1° La variation de la quantité d'iodure oxydé en fonction de la dose totale absorbée est analogue à celle qui avait été déjà signalée pour la concentration M/1000 (1_c) mais pour tout un domaine de concentrations initiales en iodure allant de M/4000 à 4 M, à savoir que pour une concentration initiale donnée :

a. Le taux d'oxydation de l'iodure est proportionnel à la dose totale d'irradiation α.

b. Pour les rayons X l'augmentation de ce taux d'oxydation est plus lent qu'avec les rayons α et il en résulte qu'il est toujours plus faible qu'avec ces derniers à partir d'une certaine dose.

2° A pH voisin de 6, on constate en traçant les courbes indiquant le rendement initial ([2]) de la décomposition en molécules-grammes d'iodure oxydées par litre en fonction de la concentration en iodure présent, que pour les rayons α comme pour les rayons X les points expérimentaux se placent de façon satisfaisante sur la courbe d'équation.

$$c_0 - c = A_1(1 - e^{-k_1 c_0}) + A_2(1 - e^{-k_2 c_0}) + A_3,$$

où c_0 = concentration initiale en iodure; $c_0 - c$ = concentration en iodure oxydé pour une dose donnée; A_1, A_2, A_3, k_1, k_2 sont des constantes.

([3]) J. Granier, *Les diélectriques*, Paris, 1948, p. 20.

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) Lannuig et Lind, *J. Phys. Chim.*, 42, 1938, p. 1229; *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1936, p. 465; Haissinsky et Lefort, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 313.

([2]) Dans les conditions de la dose choisie (8.10^6 ergs/cm³) la réaction inverse $I_2 \rightarrow 2I^-$ observée avec les rayons X est tout à fait négligeable de sorte que l'on peut confondre le rendement pour cette dose donnée avec le rendement initial.

La figure 1 montre les points expérimentaux obtenus d'une part et les courbes tracées d'après cette équation d'autre part. On remarque deux régions : une de faible variation entre M/1000 et M/5 environ où le terme $A_2(1-e^{-k_2c_0})$ est pratiquement nul, l'autre entre M/5 et 4M où le terme $A_1(1-e^{-k_1c_0})$ devient constant et égal à A_1. La constante A_3 correspond à la valeur de (KI) oxydé pour une concentration M/1000 au-dessous de laquelle les deux termes deviennent négligeables et la loi de variation est approximativement linéaire.

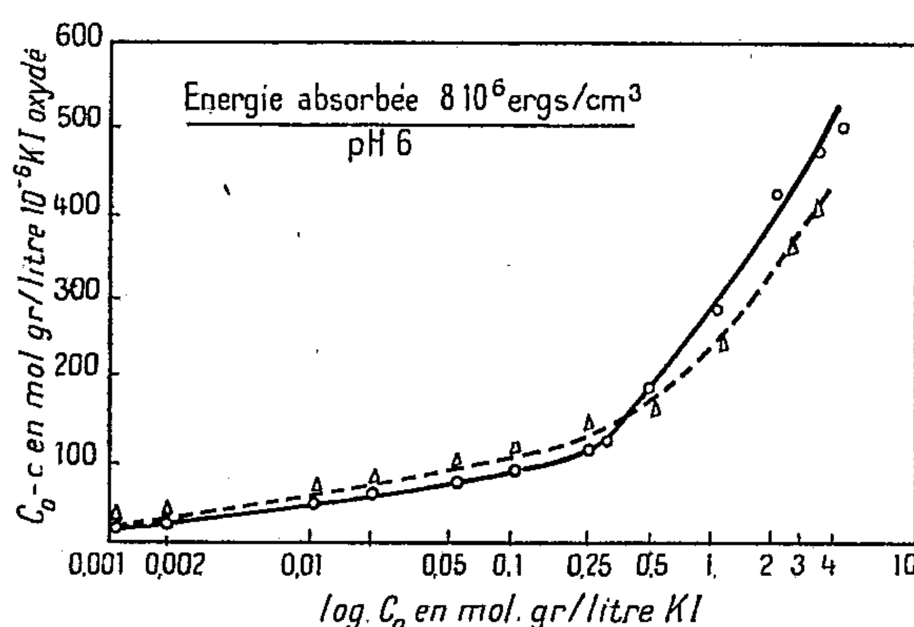


Fig. 1. — Influence de la concentration c_0.

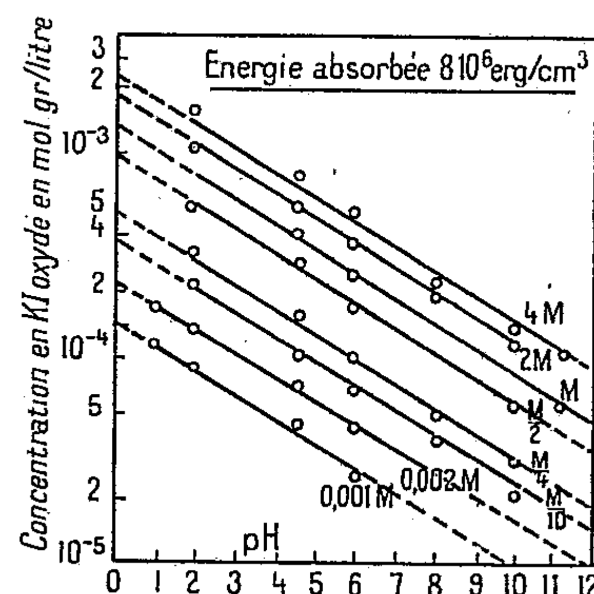


Fig. 2. — Influence du pH. Énergie absorbée : 8.10^6 erg/cm³.

3° La radio-oxydation de l'iodure est très sensible au pH. La loi de variation en fonction de celui-ci correspond à l'équation suivante :

$$\text{Log}(c_0-c)=f(c_0)-k_3\,\text{Log}(\text{H}^+).$$

Elle est remarquablement reproduite pour différentes concentrations en KI comme l'indique la figure 2 relative aux rayons X.

Il a été vérifié préalablement qu'en milieu neutre l'oxydation de l'iodure par la quantité d'eau oxygénée formée dans l'eau pure par irradiation ([3]) (environ 2 mg/l pour 8.10^6 ergs/cm³ d'énergie absorbée) était tout à fait négligeable. Il en est de même à pH 2 pour les irradiations X qui sont de courte durée. Dans le cas des rayons α aux pH acides cette oxydation est certainement responsable d'une partie de la quantité d'iode mesurée.

Avec une énergie absorbée de 8.10^6 ergs/cm³ les constantes de l'équation

$$c_0-c=10^{-1}[A_1(1-e^{-k_1c_0})+A_2(1-e^{-k_2c_0})+A_3](\text{H}^+)^{k_3}$$

	A_1.	A_2.	A_3.	k_1.	k_2.	k_3.
Rayons X	3,0	24	0,77	80	0,5	0,114
Rayons α	6,7	47	2,2	20	0,6	0,175

([3]) P. Bonét-Maury et M. Lefort, *Nature*, 4114, 1948, p. 381.

L'étude d'un certain nombre de systèmes oxydants ou réducteurs en solutions aqueuses est poursuivie dans le but d'étendre le domaine des résultats précédents.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs d'adsorption du gaz ammoniac et de l'éthylène par le charbon actif.* Note (*) de M. **Jean Perreu**, présentée par M. Paul Pascal.

Je publie dans cette Note les résultats obtenus à 0° C., dans la mesure des chaleurs d'adsorption de l'ammoniac et de l'éthylène par le charbon actif de noix de coco, avec le calorimètre à glace de Bunsen ([1]).

1. *Cas de l'ammoniac.* — Voici les nombres obtenus :

m (mg).	$c.10^4$ (mol/g).	Q_c (cal/g).	Q'_c (cal/g).	Pression finale (cm de mercure).	m (mg).	$c.10^4$ (mol/g).	Q_c (cal/g).	Q'_c (cal/g).	Pression finale (cm de mercure).
1,03...	0,60	0,85	14 070	1,8	11,50...	6,76	8,35	12 350	17,0
2,52...	1,48	2,08	14 050	2,7	13,04...	7,71	9,28	12 040	20,8
4,13...	2,43	3,23	13 290	4,6	13,51...	7,92	9,23	11 660	22,4
5,14...	3,02	4,00	13 250	5,3	14,64...	8,61	9,90	11 500	23,6
5,85...	3,44	4,50	13 080	7,4	15,86...	9,33	10,52	11 280	25,8
6,71...	3,94	5,05	12 820	8,9	18,49...	10,87	11,70	10 760	31,0
7,74...	4,55	5,76	12 660	10,5	19,83...	11,66	12,44	10 670	34,1
9,25...	5,44	6,98	12 830	12,7	21,81...	12,83	13,27	10 330	40,2
9,65...	5,99	7,30	12 190	14,1	23,22...	13,66	13,85	10 140	41,8
11,32...	6,66	8,30	12 460	16,3	24,84...	14,61	14,50	9 920	45,7

Les chaleurs différentielles d'adsorption q_c, calculées à partir des tangentes menées en divers points du graphique moyen $Q_c = f(c)$, correspondent aux valeurs suivantes :

Concentrations ($c.10^4$)....	0	2	4	6	8	10	12	14
q_c (cal/g)...............	14 600	13 200	11 670	10 330	8 860	8 200	7 500	6 830

2. *Cas de l'éthylène.* — Le gaz employé a été préparé en déshydratant l'alcool éthylique absolu en présence d'alumine précipitée, à 340°, au four électrique, puis débarrassé de l'humidité et des vapeurs d'alcool entraînées.

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1157; **226**, 1948, p. 492; **226**, 1948, p. 907; **226**, 1948, p. 2138.

Voici les résultats des mesures :

m (mg).	$c.10^4$ (mol/g).	Q_c (cal/g).	Q'_c (cal/g).	Pression finale (cm de mercure).	m (mg).	$c.10^4$ (mol/g).	Q_c (cal/g).	Q'_c (cal/g).	Pression finale (cm de mercure).
1,93...	0,69	0,80	11 610	3,6	10,93...	3,90	3,75	9 610	18,8
2,68...	0,96	1,10	11 500	4,5	13,45...	4,80	4,25	8 840	22,9
3,45...	1,23	1,40	11 360	7,4	15,82...	5,65	5,02	8 880	28,4
6,54...	2,33	2,44	10 450	11,5	18,00...	6,43	5,45	8 470	31,6
6,71...	2,40	2,48	10 350	12,4	22,17...	7,92	6,50	8 200	39,5
7,37...	2,63	2,72	10 330	13,3	23,91...	8,54	6,91	8 090	41,2
7,45...	2,66	2,72	10 220	13,2	25,77...	9,22	7,15	7 750	44,1
7,99...	2,86	2,80	9 800	14,5					

Les nombres trouvés pour q_c, par la méthode ci-dessus, sont les suivants :

Concentrations ($c.10^4$)....	0	1	2	3	4	5	6
q_c (cal/g)	11 800	10 250	9 000	8 110	7 830	7 300	6 750

3. *Conclusions.* — *a.* Les graphiques $Q_c = f(c)$ et $q_c = \varphi(c)$ de l'ammoniac et de l'éthylène, sont analogues à ceux des autres gaz étudiés, sauf l'oxygène.

b. A pression égale, l'ammoniac est plus adsorbé que l'éthylène.

c. Pour une même concentration gazeuse, les chaleurs d'adsorption (Q_c et q_c), de l'ammoniac, sont plus élevées que celles de l'éthylène; elles varient dans le même sens que les points d'ébullition des deux gaz (— 33°,5 pour NH^3 et — 102°,5 pour C^2H^4).

d. Suivant la règle générale, à concentration égale, le rapport q_c/L, de la chaleur différentielle d'adsorption à la chaleur moléculaire de condensation de chaque gaz, varie en sens inverse du point d'ébullition. Pour l'éthylène, ($L \# 3000$ cal/g) ([2]), ce rapport est compris entre 3,9 et 2,5; il décroît de 2,9 à 1,3 pour l'ammoniac ($L \# 5000$ cal/g à 0°), suivant la concentration.

e. La chaleur propre d'adsorption λ, de ces deux gaz, c'est-à-dire la différence $\lambda = q_c - L$, est *positive.* C'est ainsi que λ, est compris entre 9 800 et 1 830 calories dans le cas de l'ammoniac, et entre 8 800 et 1750 calories pour l'éthylène, suivant la concentration gazeuse de l'adsorbant.

Cette dernière remarque est confirmée par l'allure de l'isotherme de 0° C., dans la région des faibles pressions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Quelques aspects de l'hydratation des ions.* Note de M[lle] **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

On connaît assez exactement les énergies d'hydratation des atomes métalliques; elles peuvent par exemple se calculer à partir des données spectrosco-

([2]) # lire : environ.

piques. Il faut admettre de plus que, lorsqu'on dissout dans l'eau un sel tel que ClNa, les deux ions Cl et Na s'hydratent, cette chaleur d'hydratation étant presque égale à l'énergie réticulaire. Grâce aux modèles que l'on possède de la molécule H_2O, on peut calculer pour les différents ions la chaleur d'hydratation; on trouvera de tels calculs dans les travaux de Bernal et Fowler (1) et de Verwey (2). On constate immédiatement que la chaleur d'hydratation d'un ion est à peu près égale à sa chaleur d'ionisation. Cela veut dire que l'eau d'hydratation redonne à l'ion Na^+, par exemple, l'équivalent de son électron manquant. Autrement dit, le système Na — électron a une énergie plus grande que Na^+; l'ion Na^+ a donc tendance à récupérer un électron; quand Na^+ est hydraté, tout se passe comme s'il l'avait repris, l'ion hydraté est donc plus stable que l'ion *sec*. De même, le sel hydraté cristallisé dans un réseau ionique est plus stable que le sel non hydraté. Si l'on enlève l'eau du sel, sa stabilité diminue.

Dans la littérature, on trouve quelques indications venant à l'appui de cette remarque. Depuis quelque temps, le chlorite de sodium est devenu un produit industriel; il apparaît que l'hydrate $ClO_2Na, 3H_2O$ est très stable et que sa déshydratation peut provoquer des explosions. Le sel cristallisé doit s'écrire $[ClO_2^-][Na3H_2O]^+$. Si notre conception est correcte, la déshydratation du sel doit donner des ions Na *secs* qui reprennent un électron et donnent ClO_2 explosif. On sait de même que les picrates sont nettement moins stables que l'acide picrique; celui-ci est cristallisé dans un réseau moléculaire et les picrates dans un réseau ionique; les remarques précédentes s'appliquent. Certains sels explosifs sont tellement instables qu'il suffit de les frotter avec une barbe de plume pour les faire exploser; dans une Note récente (3), M. Darmois a montré que le frottement arrache précisément des électrons à la plume.

L'ion H^+ semble occuper une solution particulière. En solution étendue, c'est le proton sec (4); en solution concentrée, il y aurait possibilité d'une hydratation; j'avais signalé que le spectre Raman de $ClO_4H.H_2O$ serait intéressant à étudier (5) à cause de la parenté très grande entre $ClO_4H.H_2O$ et $ClO_4.NH_4$. J'ai appris depuis que cette étude a été faite en Angleterre et qu'on n'a pu réussir à déceler l'ion $(H_3O)^+$. Le proton doit donc être assez libre dans l'acide perchlorique concentré. Le même raisonnement que plus haut s'appliquerait à $(ClO_4.H_2O)^-$ et à H^+; la déshydratation de l'anion produirait ClO_4H explosif. Ici, au contraire, les perchlorates seraient plus stables que l'acide.

---

(1) *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 515.
(2) *Rec. Trav. Chim.*, P. B., 60, 1941, p. 887.
(3) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 882.
(4) E. Darmois et G. Sutra, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1286.
(5) G. Sutra, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1194.

Depuis quelques années, un certain nombre d'explosions spontanées se sont produites avec des cargaisons de nitrate d'ammoniaque; le raisonnement ci-dessus, appliqué à $(NO_3)(NH_4)$, attribuerait le déclenchement de l'explosion au proton de NH_4,

Il n'est pas exclu naturellement que la présence de matières organiques oxydables facilite dans certains cas la propagation de l'explosion, une fois celle-ci déclenchée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'estérification sulfurique.* Note (*) de M. **Albert Tian**, présentée par M. Louis Hackspill.

Ayant en vue la caractérisation de composés oxoniens dans les systèmes sulfoéthyliques, j'ai dû tenir compte de la formation, au cours du mélange des réactifs, de sulfate acide d'éthyle et connaître comment la vitesse de cette réaction est modifiée lorsque la composition des systèmes réactionnels varie. On ne dispose, à ce sujet, que de données relatives à la limite d'estérification et au temps nécessaire pour qu'elle paraisse pratiquement atteinte [1]. Seuls H. B. Dunnicliff et ses collaborateurs ont suivi la marche de l'estérification sulfurique pour déterminer l'ordre de cette réaction [2]. J'ai dû étudier sa vitesse lorsque les proportions des réactifs sont modifiées dans de larges limites. L'étude a été étendue aux alcools méthylique et propylique normal. Le détail des expériences, notamment les précautions prises pour diminuer l'estérification au cours même des mélanges, et les courbes d'estérification à 0° seront données dans un autre Recueil.

Résultats. — On peut dégager de ces expériences les constatations suivantes :

1° La limite d'estérification la plus faible se présente pour le liquide contenant les deux réactifs en proportions équimoléculaires. Ce fait a été déjà signalé par Claesson. La valeur de la limite (59 %) est en accord avec les résultats de Berthelot (59 %), de Claesson (57 %) et d'Evans et Alberson (58 %) [3].

2° Les limites d'estérification se rapprochent vite de 100 % lorsque le système renferme un excès croissant d'acide. Avec l'éthanol on arrive pratiquement à une estérification complète avec le mélange fait avec 1,8 molécule d'acide et 0,2 molécule d'alcool.

3° La limite d'estérification à 0° calculée en sulfate acide, ne dépassant pas

(*) Séance du 28 février 1949.

(1) Berthelot, *Bull. Soc. Chimique*, (2), 19, 1873, p. 295; Claesson, *J. Prat. Chemie*, 19, 1879, p. 246;; Evans et Alberson, *Am. Chem. Soc.*, 39, 1917, p. 456; C. M. Suter et Elmer Oberg, *Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 67.

(2) H. B. Dunnicliff et G. S. Buttler, *J. Chem. Soc.*, 119, 1921, p. 1384; A. Hamid, K. Singh et H. B. Dunnicliff, *J. Chem. Soc.*, 129, 1926, p. 1098.

(3) Dans des expériences très anciennes, Hennel, (*Trans. Royal Soc.*. 1826, p. 240 et 1828, p. 365) avait trouvé 56 %.

100 % en aucun cas, on a une confirmation de l'estérification d'une seule fonction acide de l'acide sulfurique, à cette température.

4° L'excès d'acide permet d'atteindre l'état d'équilibre de plus en plus rapidement. Par exemple, pour le système composé de 1,8 molécule acide et 0,2 molécule d'alcool, 50 % de la limite est atteinte sitôt le mélange terminé, même en opérant à — 17° et avec le plus grand soin, afin d'éviter un échauffement; la réaction se termine ensuite (à 0°) en une demi-heure. Au contraire, avec un liquide contenant 0,6 molécule d'acide et 1,4 d'alcool la limite n'est visiblement pas obtenue au bout de 600 heures de séjour à 0°.

5° Enfin un fait remarquable et en apparence inexplicable ressort de mes mesures. La vitesse *initiale* d'estérification, laquelle est indépendante de la réaction inverse, augmente énormément avec la teneur en acide. Ainsi, tandis qu'avec le système formé de 1,4 molécule d'acide et de 0,6 molécule d'éthanol 5,5 % du sulfate acide d'éthyle susceptible de prendre naissance est obtenu à 0° au bout de 2,5 minutes, en prenant les proportions inverses, soit 0,6 molécule d'acide pour 1,4 d'éthanol, il faut attendre 22 heures pour arriver au même résultat. Le rapport des vitesses initiales est donc supérieur à 500.

On ne peut expliquer une telle augmentation de la vitesse par la seule action catalytique des ions H^+, car l'acide serait-il entièrement ionisé, leur concentration serait multipliée par 2 environ et leur activité par moins encore. Sans doute un excès d'acide par son action déshydratante fait reculer la limite d'estérification, mais ne saurait modifier la vitesse *initiale*, laquelle est indépendante de cette limite. Cette anomalie se présente d'ailleurs, comme je l'ai constaté, dans l'estérification du méthanol et du propanol N. Dans une Note ultérieure j'essaierai de la justifier.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Influence d'un préchauffage au cours du traitement thermique réducteur de catalyseurs au nickel, sur leur rendement en synthèse Fischer.* Note (*) de MM. **Yves Trambouze** et **Marcel Perrin**, présentée par M. Paul Pascal.

L'un de nous ([1]), étudiant la perte de poids de catalyseurs Fischer à base de kieselguhr, alumine et nickel en fonction du temps à diverses températures, a remarqué qu'à 220°C. une lente déshydratation se poursuit pendant plus de deux jours alors qu'aux températures inférieures et supérieures, un poids constant est rapidement atteint au bout de trois à quatre heures. La mise au point d'une méthode chimique d'identification des divers états de combinaison du nickel dans ces catalyseurs ([2]) a révélé d'autre part qu'au cours d'un chauffage prolongé à 220°, il se produit une évolution importante de la nature des constituants des mêmes masses de contact. Les différences de composition résultant de ce préchauffage à 220°, persistent après achèvement à 450° du traitement réducteur.

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) M. Perrin, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 476.

([2]) Y. Trambouze, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 971.

Il était donc intéressant d'examiner l'influence d'un préchauffage prolongé de nos divers catalyseurs au nickel sur leur activité en synthèse Fischer. Notre étude a porté principalement sur deux catalyseurs préparés selon la méthode antérieurement décrite ([3]) de manière à avoir, sans préchauffage, une activité aussi différente que possible; l'un d'entre eux (échantillon C. I. 41) est initialement très hydrogénant, alors que l'autre (C. I. 42) l'est fort peu.

Catalyseur.	t.	T.	C.	R.	P.
C. I. 41 non préchauffé	3 h	225°	0,30	0	99 %
	18	210	0,28	apparition de l'huile	
	28	205	0,30		95 %
	42	200	0,30	30 g/m³	
	52	200	0,34		75
	66	190	0,47	63	
	76	190	0,52		54
	90	185	0,57	40	
C. I. 41 préchauffé	3	225	0,31	0	98
	18	200	0,23	apparition de l'huile	94
	28	200	0,25		81
	42	190	0,36	100 g/m³	
	52	190	0,36		67
	66	190	0,36	90	
	76	190	0,38		67
C. I. 42 non préchauffé	3	195	0,56	traces d'huile	50
	18	190	0,66	35 g/m³	
	27	190	0,70		33
	42	185	0,69	29	
	51	185	0,72		31
	66	185	0,70	27	
	75	185	0,71		29
C. I. 42 préchauffé	3	200	0,45		64
	18	203	0,42	60	
	27	200	0,53		50
	42	200	0,45	50	
	51	203	0,52		50
	66	200	0,47	55	
	75	200	0,53		50
	90	200	0,50	48	
	99	200	0,53		49
	138	200	0,51	45	
	147	195	0,56		48
	186	185	0,69	39	
	195	182	0,80		23

([3]) M. Prettre, C. Eichner et M. Perrin, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 278.

Le tableau ci-contre donne un exemple des résultats obtenus en synthèse dans un appareil de dimensions très réduites (espace catalytique de 40^{cm^3}, débit des réactifs de 4 l/h). Il permet de comparer l'activité de chaque catalyseur ayant ou non été préchauffé à 220° durant 48 heures dans un courant d'azote. Les résultats sont caractérisés comme d'habitude ([4]) par les valeurs enregistrées à divers temps *t* après la mise en route, de la température maxima T atteinte dans la colonne de catalyseur (portée à 175° avant l'envoi des gaz), du taux de contraction C (rapport du volume des gaz sortants à celui des gaz entrants), du rendement R en hydrocarbures autres que le méthane et du pourcentage P de gaz de synthèse consommé. Chaque expérience a été poursuivie jusqu'à ce que le dépôt de produits solides de synthèse sur le catalyseur exige une régénération.

Il est clair que le préchauffage améliore nettement l'activité des deux masses de contact étudiées puisque le rendement en hydrocarbures est triplé pour la première et doublé pour la seconde. Le pourcentage de réactifs consommés se maintient également plus longtemps à un taux supérieur. Simultanément la période d'activité avant encrassement par les produits solides est prolongée, surtout pour l'échantillon C. I. 42.

Il est particulièrement curieux de constater aussi que le préchauffage améliore même des catalyseurs dont l'activité est assez médiocre sans ce traitement préalable, mais devient, après traitement, supérieure à celle de tout catalyseur non préchauffé.

Tous ces avantages résultent évidemment des modifications survenues durant le préchauffage. L'analyse chimique nous permettra, dans un prochain travail, de relier les différences d'activité de nos catalyseurs à leur teneur en diverses combinaisons du nickel.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude de diols et de leurs dérivés.* Note (*) de M. **Maurice Séguin**, présentée par M. Paul Pascal.

Lors de l'établissement de sa systématique magnétochimique, Pascal ([1]) a montré que les composés oxygénés à chaîne ramifiée ont une susceptibilité moléculaire supérieure, en valeur absolue, à celle de leur isomère normal. Ce relèvement du diamagnétisme dépend de la position, par rapport à la fonction oxygénée, des carbones *tertiaires* ou *quaternaires* perturbateurs ([2]). Par contre, les *composés à molécules symétriques* (éther isoamylique, oxyde

---

([4]) M. Perrin, *Thèse*, Lyon, 1949.

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) *Annales Chim.*, 19, 1910, p. 5, et 25, 1912, p. 289.

([2]) Notons qu'en magnétochimie, un carbone éthylénique est dit tertiaire, de même qu'un carbone acétylénique est dit quaternaire.

de phényle, benzophénone, etc.), font exception à la règle précédente ce qui permet de considérer, dans l'hypothèse stéréochimique, le groupement fonctionnel oxygéné comme l'analogue d'un centre de symétrie de la molécule. Les dérivés halogénés conduisent à des résultats analogues.

C'est pourquoi il nous a paru intéressant d'étudier des composés possédant *deux fonctions oxygénées ou chlorées placées symétriquement dans la molécule*. Nous avons porté notre attention sur des γ-glycols et quelques-uns de leurs dérivés [ainsi que sur un dérivé d'un α-glycol, donc non symétrique ([3])].

L'eau bi-distillée, corps de référence, a une susceptibilité moléculaire χ_m prise égale à $-0{,}72.10^{-6}$; l'air a une susceptibilité $\chi = +0{,}29.10^{-6}$.

La précision des mesures est de 0,5 % pour les liquides (L), mais n'est que de 1 % pour les solides (S). Le tableau ci-dessous résume nos résultats :

Corps.	État.	Formules.	$-10^6\chi_m$. Calc.	Mesuré.	Écart const. $\chi.10^6$.	Erreu relativ (%).
Butane diol-1.4	L	$CH_2OH-CH_2-CH_2-CH_2OH$	62,5	61,5	+1,0	+1,6
Diacétine du butane diol-1.4	L	$CH_3COO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-COOCH_3$	104,9	103,4	+1,5	+1,4
Butène-2-diol-1.4 *cis*	L	$CH_2OH-CH{=}CH-CH_2OH$	54,8	54,3	+0,5	+0,9
Diacétine du butène-2-diol-1.4 *cis*	L	$CH_3COO-CH_2-CH{=}CH-CH_2-COOCH_3$	97,2	95,2	+2,0	+2,0
Butène-2-diol-1.4 *trans*	L	$CH_2OH-CH{=}CH-CH_2OH$	54,8	53,5	+1,3	+2,4
Diacétine du butène-2-diol-1.4 *trans*.	L	$CH_3COO-CH_2-CH{=}CH-CH_2-COOCH_3$	97,2	95,1	+2,1	+2,2
Diacétine du butène-1-diol-3.4	L	$CH_3COO-CH_2-CH(COOCH_3)-CH{=}CH_2$	97,2	95,5	+1,7	+1,8
Butyne-2-diol-1.4	S	$CH_2OH-C{\equiv}C-CH_2OH$	51,0	50,3	+0,7	+1,4
Diacétine du butyne-2-diol-1.4.	S (*)	$CH_3COO-CH_2-C{\equiv}C-CH_2-COOCH_3$	93,4	95,9	−2,5	−2,7
Dibenzoate » »	S	$C_6H_5COO-CH_2-C{\equiv}C-CH_2-COOC_6H_5$	171,0	169,0	+2,0	+1,2
Dichlorhydrine » »	L	$CH_2Cl-C{\equiv}C-CH_2Cl$	75,1	74,2	+0,9	+1,2
Dibromo-2.3 du butène-2-diol-1.4	S	$CH_2OH-CBr{\equiv}CBr-CH_2OH$	100,9	94,2	+6,7	+6,7

(*) La diacétine du butyne-2-diol-1.4 a été mesurée fondue (F 28° C.).

Le calcul de la susceptibilité moléculaire théorique a été effectué suivant les lois de Pascal, c'est-à-dire que nous avons tenu compte de tous les incréments relatifs aux carbones *tertiaires* et *quaternaires* ainsi que du rôle d'écran joué par la triple liaison. Nous constatons que les valeurs de l'erreur relative sont de l'ordre de 2 % et excèdent rarement cet écart. Vu la précision de nos mesures, il peut sembler que les actions perturbatrices provoquées par la présence de deux fonctions oxygénées (ou chlorées) placées symétriquement dans la molécule ne se compensent pas sensiblement. Les effets observés sont en quelque sorte à l'inverse de ceux que Pascal a mis en évidence dans les composés mono-oxygénés à molécules symétriques.

([3]) Corps préparés par A. Valette au Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

Les variations magnétiques du second ordre ne marquent pas ici la molécule d'une individualité spéciale ([4]).

Comme nous l'avons déjà montré pour les phényluréthanes ([5]), il n'existe aucune différence sensible entre les susceptibilités moléculaires des isomères *cis* et *trans*, alors que les moments polaires diffèrent ([6]).

La forte dépréciation du diamagnétisme du dibrome-2.3-butène diol-1.4 est en accord avec celles constatées pour d'autres dérivés dibromés.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la volatilité de l'anhydride molybdique.* Note (*) de Mme **Thérèse Dupuis**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'anhydride molybdique MoO_3 intervient comme produit final dans un certain nombre de dosages gravimétriques. La plupart des auteurs sont d'accord pour admettre que les précipités qui en contiennent doivent être chauffés avec prudence, mais ils sont très souvent en désaccord pour ce qui touche la température maximum de calcination. Pavelka et Zucchelli (1943) indiquent que le départ de l'anhydride se fait vers 300°; Wolf (1918) conseille de ne pas dépasser 425°; la plupart des autres chimistes donnent 600-650° comme température extrême.

On pouvait penser que l'expérience réalisée avec la thermobalance de Chevenard répondrait alors aux questions de savoir : 1° si l'anhydride molybdique est volatil dès 300°; 2° à quelle température il commence à se dégager d'une façon sensible; 3° si sa volatilité est modifiée en présence de produits comme la silice, l'anhydride phosphorique, l'anhydride arsénique, le bioxyde de germanium, etc. qui l'accompagnent souvent au cours de gravimétries usuelles.

1° La courbe de perte de poids du *paramolybdate* d'ammonium chauffé progressivement de 0 à 900° dans un intervalle de trois heures, indique que l'anhydride molybdique provenant de sa dissociation offre un palier horizontal entre 343° et 782° ± 1°. Voici d'ailleurs, au-dessus de cette température, les pertes en milligrammes relevées sur l'une des courbes, relativement à un poids d'anhydride de 239^mg^,8

t (°C.)......	782	827	840	852	866	881
mg........	0	0,98	2,94	4,90	8,82	17,64

Ainsi, lorsque l'anhydride est seul, sa volatilité n'est pas apparente au-dessous de 782°.

([4]) Pacault, *Annales Chim.*, 1, 1946, p. 527.

([5]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 625.

([6]) Nguyen Quang Trinh, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 393.

(*) Séance du 28 février 1949.

2° Comme il est possible de faire fonctionner la thermobalance en thermostat, j'ai repris les expériences de Pavelka et Zucchelli, c'est-à-dire, tracé les isothermes relatives aux températures de 300, 400, 500, 600, 700°. Les expériences durèrent au moins deux heures chacune. Dans le diagramme pertes de poids-temps, il est facile d'observer, pour toutes ces températures, avec la précision courante de l'analyse, des droites parallèles aux abscisses. Le calcul d'erreur effectué sur l'épaisseur des traits tracés sur le papier photographique employé, permet de conclure qu'une perte de poids relative de 1/500 serait facilement observable. Les erreurs par pesée habituelle n'interviennent pas ici, puisque le creuset utilisé n'est ni sorti du four, ni placé au refroidissement dans un dessiccateur avant pesée. Même dans le cas de l'isotherme de 600° où Pavelka et Zucchelli indiquent une perte maximum de 0,435 % au bout de deux heures (correspondant sur le papier photographique à une dénivellation de 1^{mm}), *on n'observe aucune variation de poids*.

Si l'on examine soigneusement les isothermes de l'anhydride molybdique, il peut être utile de remarquer que leur parallélisme à l'axe des temps est atteint d'autant plus vite que la température est plus haute, comme on le voit dans le tableau suivant où les temps sont donnés en minutes

t(°C.)	300	400	500	600
Temps	90	60	45	0

Ainsi, quand on maintient de l'anhydride molybdique à température constante, il faut attendre un certain temps (au-dessous de 600°) afin d'être assuré que son poids devient bien constant.

3° Examinons maintenant le résultat des courbes de thermolyse de quelques molybdates hétérocomplexes utilisés en analyse et qui donnent à la calcination un mélange ayant, par exemple, la composition $SiO_2 + 12MoO_3$. Le tableau suivant donne les températures auxquelles l'anhydride molybdique commence à se dégager. Les nombres de la dernière colonne de droite indiquent à quelle température on est sûrement en présence des oxydes; les différences observées entre eux s'expliquent par la difficulté de destruction et de combustion des matières organiques associées.

Silicomolybdate d'hexaméthylène tétramine	840°	473°
» de pyridinium	825	370
» d'antipyrine	830	810
» de pyramidon	800	400
» d'hydroxy-8 quinoléine	813	593
Phosphomolybdate d'ammonium	850	700
Phosphomolybdate d'hydroxy-8 quinoléine	852	800
Arséniomolybdate d'ammonium	>800	513
Germanomolybdate d'hydroxy-8 quinoléine	920	496

Donc, *lorsqu'on détruit un de ces molybdates complexes par la chaleur, on n'a pas à craindre de perte d'anhydride molybdique avant* 800°.

Un mélange synthétique et intime correspondant à $SiO_2 + 12MoO_3$ chauffé dans les mêmes conditions que les corps précédents, fournit 761° pour température minimum de départ de l'anhydride molybdique, donc, inférieure à toutes celles que l'on a obtenues avec l'anhydride seul ou au cours de la destruction des substances ci-dessus où les oxydes apparaissent, par conséquent, plus solidement liés.

La publication des courbes et leur interprétation complète seront faites dans un autre Recueil.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur quelques combustibles fossiles appartenant à une même formation triasique (keuper).* Note (*) de Mme **Marthe Bastick**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dernièrement, nous avons étudié des combustibles solides constituant une lentille dans les terrains du keuper de la région de Contrexéville ([1]). L'ensemble des résultats ainsi obtenus a mis en évidence les propriétés caractéristiques de ces charbons qui semblent intermédiaires entre les lignites et les houilles, tout en étant plus proches de celles-ci. Ricour ([2]) ayant montré que les gisements de Vescagne (Alpes-Maritimes) et de La-Grange-du-Vaux (Vy-lès-Lure) (Haute-Saône) appartenaient à des formations géologiques analogues, nous avons tenu à étendre notre étude à des échantillons en provenance de ces deux exploitations. Nous avons procédé, sur ces combustibles, à des essais rigoureusement identiques aux précédents.

Les différents résultats consignés dans le tableau ci-joint sont exprimés, sauf indication contraire, par rapport aux charbons exempts de matières minérales. Pour faciliter cette comparaison, nous avons rappelé les valeurs maxima et minima précédemment fournies par les différentes déterminations.

TABLEAU I. — *Résultats des essais d'analyses immédiate et élémentaire.*

	OH_2 sur brut (%).	Cendres sur sec (%).	S sur sec (%).	Matières volatiles (%).	C (%).	H (%).	Rapport C/H.	N (%).	Extrait alcool-benzène (%).	Matières humiques (%).	P. C. cal/g.
La-Grange-du-Vaux	15,75	29,6	5,28	35	78,1	5,1	15,3	1,55	5,2	1,7	7350
Vescagne	13,6	40,6	5,15	42,5	74,5	5,1	14,6	0,9	7,8	1,5	7200
Contrexéville max.	17,9	38,9	12,75	41,4	83,1	5,6	15,1	1,9	8,5	1,1	7750
Contrexéville min.	12,2	17,5	3,55	36	77,2	5,3	13,9	1,3	5,8	0,4	7400

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) H. Guérin et M. Bastick, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1249-1250.

([2]) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 38, 1946, p. 235.

TABLEAU II. — *Résultats des essais de pyrogénation.*

	Gaz de pyrogénation (%).					Températures (°) auxquelles il se dégage le maximum de		
	H_2.	CO.	CH_4.	CO_2.	O_2 (*).	Gaz.	H_2.	CO.
La Grange-du-Vaux.........	60	19,5	10,5	7,3	17,1	700	700	600
Vescagne..................	62,5	20	8,8	4,5	14,7	700	700	700
Contrexéville { Maximum....	67	21,3	11,8	7,6	16,1	600	600	600
Contrexéville { Minimum....	60,5	14,5	5,4	3,8	11	700	700	700

(*) Sous forme de $CO + CO_2$.

Les résultats sont très homogènes. Tous ces combustibles sont très riches en soufre; leurs pouvoirs calorifiques, leurs extraits par la soude à 5 %, leurs teneurs en matières volatiles sont très voisins.

Dans aucun cas nous n'avons pu obtenir un culot de coke, ce qui semble militer en faveur de l'hypothèse selon laquelle ces charbons auraient subi un commencement d'oxydation.

Le pH des eaux de condensation, provenant de la pyrogénation fractionnée préconisée par Lebeau, est toujours voisin de la neutralité, la composition centésimale des gaz de cet essai est sensiblement la même ainsi que la température à laquelle le dégagement gazeux commence à être notable, soit 400°, alors que pour un lignite cette température est 300° et pour une houille 500°.

L'ensemble de ces études nous permet de considérer ces divers combustibles, de même formation géologique, comme ayant des caractères chimiques très voisins, fait qui, *a priori*, n'est pas toujours réalisé.

MÉTALLURGIE. — *Soudure électrique en bout du cuivre et de l'aluminium pour la substitution, efficace de l'un à l'autre dans les conducteurs électriques.* Note (*) de M. **Gabriel Duch**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'aluminium, métal français de faible résistivité, possède deux défauts qui en rendent l'emploi délicat comme conducteur électrique, et conduisent souvent à le prohiber pour cet usage :

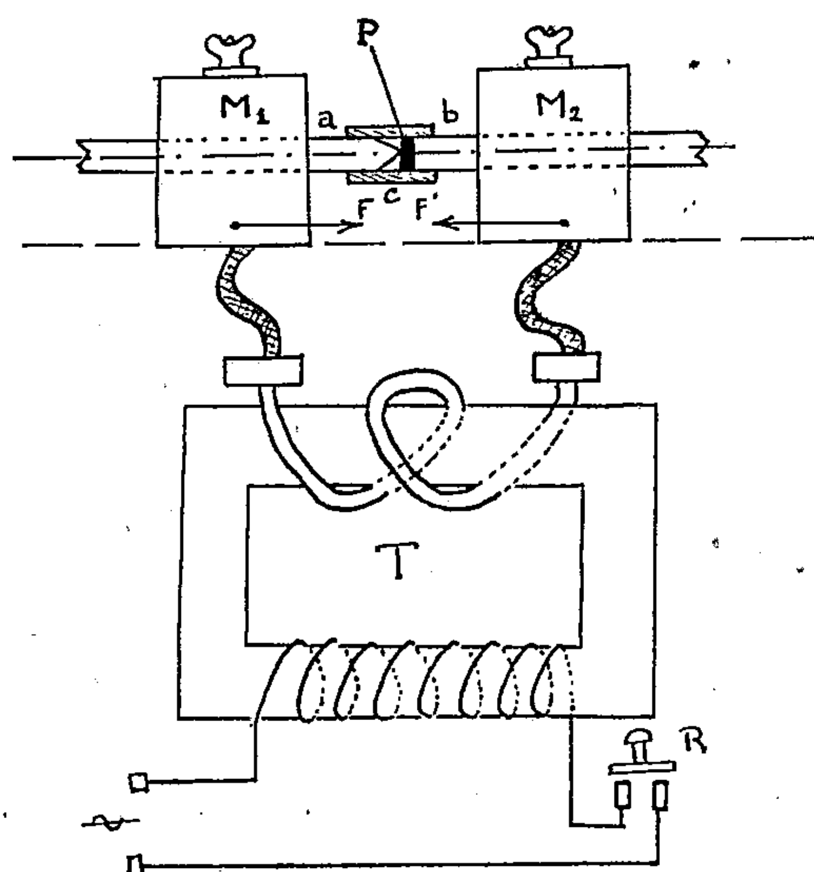
1° Sa faible résistance au fluage à température peu élevée et même à la température ambiante entraîne, par relaxation visqueuse, le desserrage progressif des pinces à vis. Ce défaut s'aggrave rapidement en cas de surintensité : le contact devient de plus en plus mauvais, des quasi-arcs percent la pellicule superficielle d'alumine et la température s'élève, parfois jusqu'à la fusion de l'aluminium.

2° Il se corrode chaque fois qu'il est en contact avec un métal électro-

(*) Séance du 28 février 1949.

négatif au sein d'un électrolyte, tel qu'une gaine d'humidité condensée. C'est pourquoi tout contact cuivre-aluminium doit être soigneusement protégé par un vernis gras neutre ou par tout autre isolant étanche, dès qu'une gaine capillaire humide a tendance à se former.

Les difficultés inhérentes au premier défaut seront entièrement surmontées si l'on parvient à souder au conducteur en aluminium un embout en cuivre rouge, métal pour lequel ne se pose aucun problème de contact. La solution du problème chimique est en même temps facilitée par la suppression des petits déplacements du conducteur par rapport à l'embout, inévitables lorsque la jonction est assurée par serrage. Le problème revient donc à réaliser une sou-



dure d'une haute résistance mécanique et d'une résistance électrique négligeable.

Dès 1934, j'avais apporté une première solution au cours de travaux qui avaient surtout pour but des mesures sclérométriques (¹). La pénurie actuelle de cuivre m'a poussé à perfectionner le procédé en visant ses applications à l'électrotechnique. Dans ce but, j'ai fait appel à un alliage ternaire de cuivre, d'aluminium et d'étain, voisin par sa composition d'un composé qui aurait pour formule $Al_6Sn_4Cu_2$. Cet alliage fond à 750°, presque à 100 degrés au-dessus de l'aluminium.

L'exécution des soudures est facile. Dans l'une des pinces M_1 d'un appareil à souder en bout, se trouve serrée une tige de cuivre *a* affûtée en pointe et, en regard, se trouve le conducteur plein ou le câble en aluminium *b* enserré dans l'autre pince M_2. Une pastille P d'alliage étain-cuivre est placée entre le conducteur de cuivre et l'aluminium, à l'intérieur d'un manchon C en métal ou en céramique. Par la manœuvre normale de la machine à souder, la pas-

(¹) *Zeitschrift für Kristallographie*, 1934.

tille d'apport fond et donne naissance à l'alliage ternaire par filiation avec le cuivre et l'aluminium. Le bronze ainsi formé a une ténacité supérieure à 70 kg/mm², si bien qu'aux essais de traction, la rupture se produit dans le conducteur d'aluminium. De même, si l'on fait passer un courant d'intensité croissante, la soudure supporte une densité de 100 A/mm² et demeure intacte, alors que le conducteur d'aluminium se met à fondre.

Dans la pratique, le manchon métallique demeure sur la jonction, soudé aux deux conducteurs par sa surface interne : il constitue en quelque sorte un creuset étanche qui met le métal fondu à l'abri de l'air. De même, un manchon réfractaire permet la soudure autogène en bout de métaux et d'alliages divers : cuivre, argent, or, fer, nickel, platine, alliages nickel-cuivre, nickel-chrome, etc.; les soudures ainsi obtenues présentent sensiblement les mêmes qualités électriques et mécaniques que dans le cas d'un manchon métallique. Ce résultat est dû au fait que les extrémités à souder sont fondues à l'abri de l'air et que les premières portions oxydées par le peu d'air enfermé dans le manchon se trouvent expulsées à la périphérie par la manœuvre même de la machine à souder.

En résumé, le procédé de soudage décrit, d'un emploi rapide et facile, qui conduit à des soudures solides et possédant une marge élevée de sécurité, paraît appelé à favoriser l'essor des conducteurs d'aluminium en électrotechnique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Analyse par micrographie et par rayons X d'une nouvelle texture basaltique de solidification de lingots d'aluminium.* Note (*) de MM. **Jean Herenguel** et **Paul Lacombe**, présentée par M. Albert Portevin.

Sur des lingots d'aluminium de titre 99,5 % solidifiés par coulée semi-continue (1), nous avons observé un type de texture basaltique nouveau. L'attaque d'une section verticale quelconque du lingot par l'eau régale fluorée (2) montre deux textures. La zone corticale du lingot est constituée par des cristaux basaltiques classiques disposés perpendiculairement à la surface du lingot avec une direction commune [100] sensiblement perpendiculaire aux isothermes de refroidissement. La zone interne du lingot est caractérisée par une texture basaltique nouvelle qui fait l'objet de cette Note.

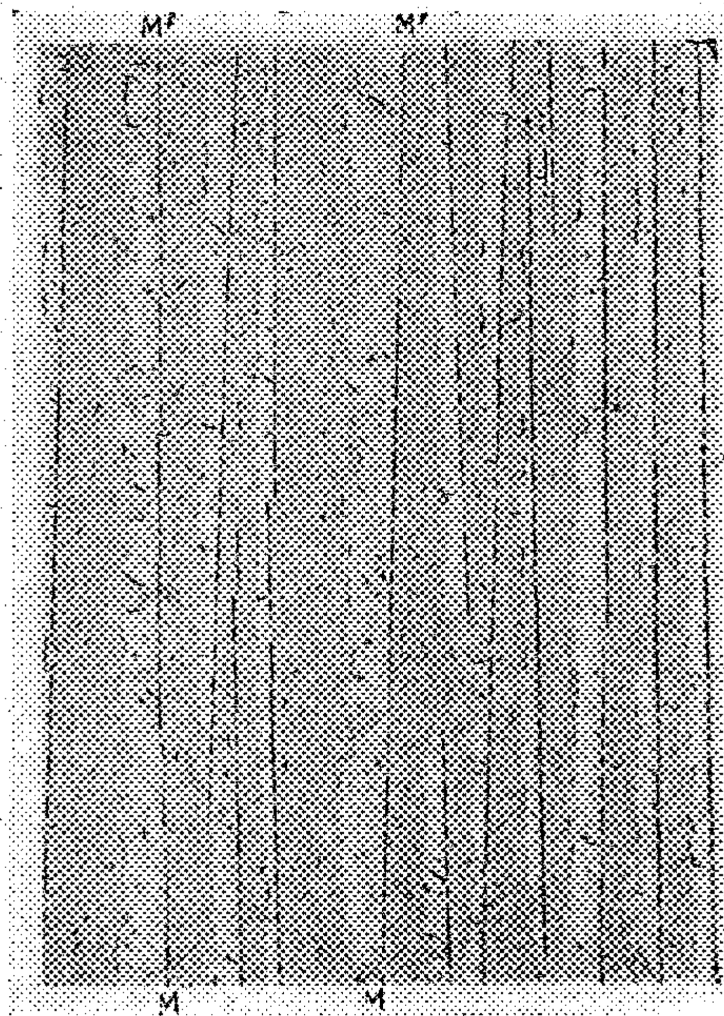
Cette texture apparaît sous forme de fibres cristallines très allongées de direction sensiblement parallèle à l'axe du lingot et présentant des alternances d'éclat (*fig.* 1). L'examen d'autres sections du lingot montre que ces fibres sont en réalité les coupes de feuillets cristallins très aplatis.

(*) Séance du 21 février 1949.

(1) J. Hérenguel, *Rev. Métallurgie*, 45, 1948, p. 139.

(2) P. Lacombe et L. Beaujard, *J. Inst. of Metals*, 74, 1947, p. 1.

En outre, l'attaque micrographique par figures de corrosion montre que chaque feuillet est constitué par l'accolement de deux cristaux plats en position relative de macle. Tous ces feuillets doubles sont, soit sensiblement parallèles, soit progressivement désorientés suivant les régions du lingot. Cependant, tous les plans de macle (111) sont sensiblement parallèles à une section verti-



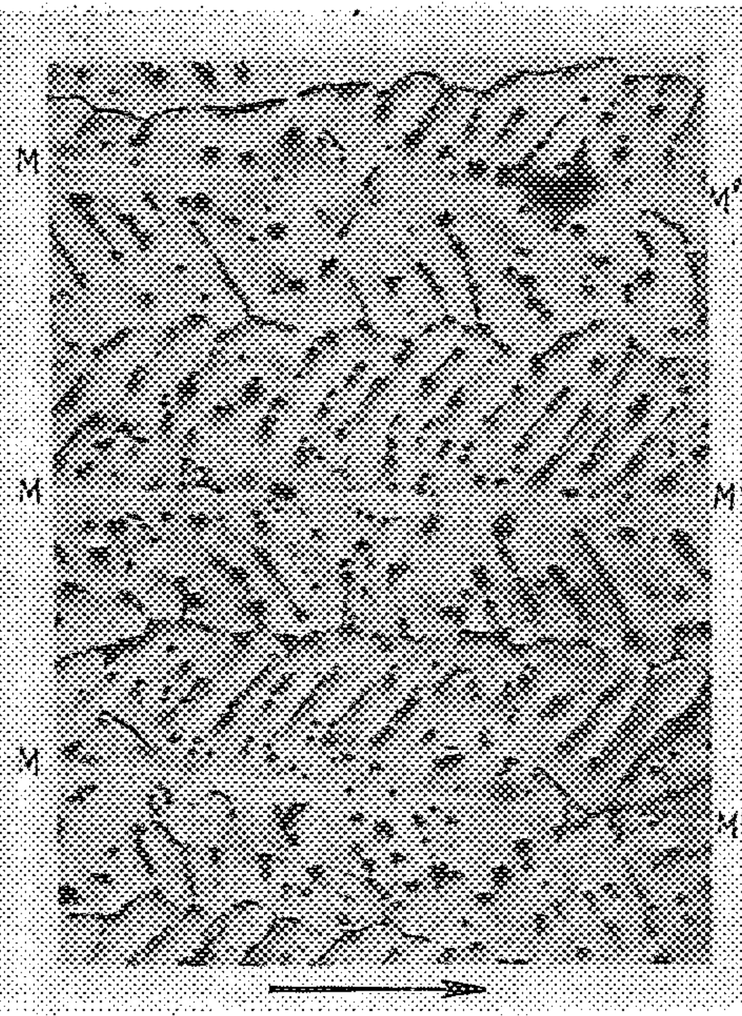


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Succession des aiguilles cristallines d'éclat alterné, coupe des feuillets maclés. (M M' = joint de macle.) G. = 50.

Fig. 2. — Répartition des constituants fer et silicium aux limites des feuillets maclés et à l'intérieur des cristaux maclés parallèlement aux plans (100). (Les flèches indiquent l'axe vertical du lingot.) G. = 120.

cale du lingot contenant le vecteur principal d'écoulement de chaleur. De plus, la direction [112] contenue dans le plan de macle (111) est elle-même approximativement verticale. La figure 1 montre une section du lingot polie électrolytiquement où les feuillets à peu près parallèles sont divisés en deux parties par la trace rectiligne de leur plan de macle.

La figure 2 montre en outre que les constituants, dus aux impuretés fer et silicium, se séparent à la solidification d'une manière bien définie. D'une part, ils sont rassemblés d'une façon à peu près continue aux frontières de deux feuillets maclés voisins. D'autre part, l'examen d'une même section micrographique, après polissages successifs et comparaison avec les figures de corrosion, nous a montré, qu'à l'intérieur des feuillets, les constituants se déposent, soit sous forme d'écailles plates parallèles aux trois plans (100) du cristal, soit en bâtonnets suivant les trois directions [100], soit enfin en globules. Les traces des

plans de macle sont par contre absolument exemptes de constituants. Enfin, des microretassures à l'intérieur des grains accompagnent ces constituants et sont en conséquence orientées suivant les mêmes plans et axes (100).

L'analyse de cette texture a été rendue facile par l'emploi des figures de corrosion. Mais nous l'avons également étudiée au moyen des diagrammes de Laue par réflexion. Les feuillets sont d'une épaisseur telle (0,1 à $0^{mm},2$ en moyenne) que le faisceau de rayons X utilisé dans les expériences courantes en couvre un grand nombre, donnant ainsi les diagrammes superposés de plusieurs cristaux. Aussi, seul l'emploi d'un collimateur très fins, ($0^{mm},2$ de diamètre) nous a permis de distinguer les taches de Laue appartenant aux deux cristaux d'une macle.

En conclusion, cette texture de solidification est surtout caractérisée par une orientation commune des plans de macle (111) des feuillets et des directions [112] contenues dans ces plans. Elle se distingue donc essentiellement des textures basaltiques habituelles qui admettent un axe de fibre [100] (3).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation permanganique de l'acide benzylidène benzylsuccinique. Obtention de l'acide benzylpyruvique.* Note de M. Paul Cordier, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans le but de parfaire l'étude de l'acide benzylidène-benzylsuccinique que nous avons entreprise il y a plusieurs années (1), nous avons examiné l'oxydation de cet acide éthylénique.

Après différents essais, la réaction a été effectuée en milieu bicarbonaté (CO_3KH) au moyen d'une solution diluée de permanganate de potassium, nous l'avons réalisée au bain de glace (environ $+5°$), la réduction du réactif s'effectue lentement, elle est terminée au bout de 30 à 40 minutes et l'on perçoit nettement une odeur d'aldéhyde benzoïque; l'élimination du bioxyde de manganèse étant faite par filtration, on acidifie par ClH dilué en refroidissant; on obtient ainsi une faible quantité d'acide initial (F 162°) non touché; la solution filtrée est agitée avec de l'éther, après saturation avec du sulfate d'ammoniaque. Nous avons remarqué sur une prise d'essai que la solution éthérée décantée, additionnée de quelques gouttes de perchlorure de fer et de traces d'eau, donne dans la couche aqueuse, une belle coloration violette intense témoignant la présence d'un composé énolisable. Pour séparer les composés acides, nous avons traité l'éther par une solution de bicarbonate de potassium; ayant acidifié et éliminé par filtration une très légère quantité d'acide benzoïque précipité, on agite avec de l'éther après addition de sulfate d'ammonium. La

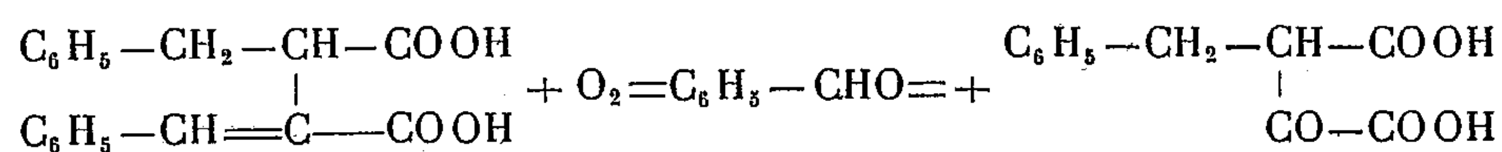
---

(3) L. Northcott, *J. Inst. of Metals*, 72, 1946, p. 283.

(1) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1191; *Thèse*, Doct. ès Sciences, Paris, 1931, p. 68.

liqueur éthérée séparée, étant évaporée à l'air, abandonne un résidu qui cristallise au bout de quelques heures et fond vers 33° ; il donne une réaction violacée en solution alcoolique avec $FeCl_3$ devenant violette et plus accentuée par addition d'eau.

Nous avons pensé que l'oxydation de l'acide benzylidène-benzylsuccinique s'effectuant suivant le processus



$$\begin{matrix} C_6H_5-CH_2-CH-COOH \\ | \\ C_6H_5-CH=C-COOH \end{matrix} + O_2 = C_6H_5-CHO + \begin{matrix} C_6H_5-CH_2-CH-COOH \\ | \\ CO-COOH \end{matrix}$$

donnait naissance à de l'acide benzyloxaloacétique dont il est logique de supposer la facilité d'énolisation; du reste la réaction intense avec le perchlorure de fer obtenue dans l'essai sur la solution éthérée immédiatement après l'oxydation semble indiquer la présence de cet acide. Par contre le produit isolé est stable à chaud et il n'y a nullement dégagement de CO_2 comme devrait le faire prévoir l'obtention d'un acide β-cétonique.

Ayant purifié le corps isolé par transformation en sel de calcium peu soluble, nous avons obtenu après traitement chlorhydrique un dérivé fondant vers 35°. Son poids moléculaire déterminé acidimétriquement correspond comme monoacide à celui de l'acide benzylpyruvique hydraté; il donne la réaction avec le perchlorure de fer que nous avons indiquée. Cette réaction n'ayant pas été signalée pour l'acide benzylpyruvique nous avons tenu à comparer notre produit avec un échantillon authentique de cet acide α-cétonique. Nous avons préparé ce corps par la méthode de Wislicenus ([2]) que nous avons avantageusement modifiée.

Le principe de cette préparation repose sur la décomposition de l'ester éthylique benzyloxaloacétique sous l'action de l'acide sulfurique dilué. L'ester cétonique a été obtenu par condensation de l'oxalate d'éthyle avec le β-phénylpropionate d'éthyle, au sein du toluène en présence d'éthylate de sodium, le mélange étant abandonné 24 heures à la température du laboratoire. Après acidification et élimination du solvant nous avons séparé le benzyloxaloacétate d'éthyle de l'ester phénylpropionique en utilisant sa solubilité dans une solution de soude diluée en présence d'éther. La solution alcaline étant acidifiée avec précaution par un excès de ClH, une extraction éthérée suivie d'addition de sulfate de sodium sec et d'une élimination au bain-marie du solvant permet d'obtenir l'ester benzyloxaloacétique suffisamment pur. Nous avons pu vérifier qu'un titrage acidimétrique de ce corps après passage à l'étuve donnait un poids moléculaire en accord avec celui de l'ester cétonique. Rendement de 45 à 50 %.

De préférence au procédé de Wislicenus, nous avons effectué l'hydrolyse de

([2]) Wislicenus et Munzesheimer, *Ber. d. Ch. Ges.*, 31, 1898, p. 555 et 3133.

cet ester en milieu homogène par ClH et avons constaté la commodité d'emploi d'un mélange acéto-chlorhydrique. Après 3 heures d'ébullition, l'hydrolyse est terminée : l'élimination de l'acide acétique étant réalisée par distillation sous vide, on obtient un résidu huileux dont nous avons pu séparer aisément l'acide benzylpyruvique par traitement bicarbonaté et acidification. Il se forme également une faible quantité d'un produit neutre séparé par l'éther et que nous n'avons pu identifier exactement. Le rendement de l'hydrolyse en acide benzylpyruvique est de 80 %.

L'acide que nous avons obtenu, purifié par le cyclohexane d'où il cristallise à froid en présence de traces d'eau en lamelles incolores, présente les caractéristiques du corps indiquées par J. Bougault et dans diverses publications (3); il donne bien en solution alcoolique avec le perchlorure de fer une coloration verte violacée qui s'intensifie par addition d'eau et devient violette; cette coloration est très sensible aux modifications du pH et disparaît par faible acidification.

Le produit préparé est en tout point identique à celui qu'on obtient par oxydation de l'acide benzylidène-benzylsuccinique.

Conclusion. — L'oxydation permanganique de l'acide benzylidène-benzylsuccinique donne naissance à de l'aldéhyde benzoïque et à de l'acide benzyloxaloacétique instable qui se transforme par décarboxylation en acide benzylpyruvique, seul isolable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des thiamides N-disubstitués.* Note de M. **Pierre Chabrier** et Mlle **Simone-Hélène Renard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Un certain nombre de thiamides N-disubstitués de la forme $R-CSNR_1R_2$ ont été décrits; toutefois leurs propriétés sont peu connues. Ces composés peuvent s'obtenir facilement en utilisant la réaction dite de Willgeroth (1), qui consiste à chauffer, à des températures variables, des quantités sensiblement équimoléculaires d'aldéhydes ou de cétones, de soufre et d'amines secondaires. Dans le cas des aldéhydes, la réaction s'effectue généralement avec d'excellents rendements; on a



$$R-CHO + S + HN.R_1R_2 \rightarrow R-CS.NR_1R_2 + H_2O.$$

Il ne semble pas que l'on ait utilisé jusqu'ici de diamines pour effectuer cette réaction. Nous décrirons quelques propriétés nouvelles des thiamides N-disubstitués et quelques nouveaux types de di-(thiamides N-disubstitués).

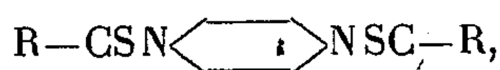
Préparation des thiamides. — *a. Thiamides simples.* — Nous avons préparé quelques thiamides et dérivés à partir d'aldéhydes aromatiques, de soufre et de morpholine (1). Ainsi le morpholyl-thiosalicylamide, non encore décrit, se

(3) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 477; *Journ. Ph. Chim.*, [7], 6, 1912, p. 337.

(1) R. Adams, *Organic Réactions*, 3, New-York, 1947, p. 83.

prépare aisément en chauffant au B. M. un mélange d'aldéhyde salicylique, de soufre et de morpholine. Dans ces conditions, le soufre ne pénètre pas dans le noyau.

b. Di-(thiamides). — Pour obtenir ces composés, de la forme

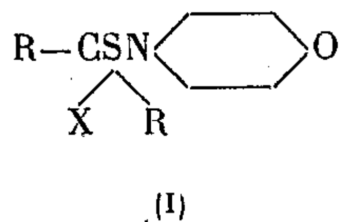


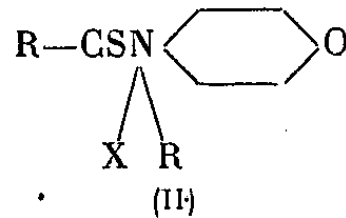
on utilise la pipérazine, diamine secondaire; la réaction s'effectue en deux phases : 1° En milieu benzénique, l'eau de cristallisation de la pipérazine est éliminée par azéotropie; il se forme la combinaison aldéhyde-amine.

2° Après élimination des solvants, le soufre réagit, entre 100 et 150° selon la nature de l'aldéhyde, sur cette combinaison, pour conduire au thiamide.

Propriétés. — Les thiamides de la forme $R—CSNR_1R_2$ sont des substances bien cristallisées, parfois colorées en jaune, s'hydrolysant par les acides ou les alcalis beaucoup plus difficilement que les amides correspondants. Ainsi le morpholyl-thiobenzamide, traité par les alcalis dans les mêmes conditions que le morpholyl-benzamide (solution 10 *n* de soude), s'hydrolyse environ 12 fois plus lentement. Les dithiamides de la forme R—CSN<⟩NSC—R sont très peu solubles dans les solvants organiques et remarquablement résistants aux agents d'hydrolyse. Nous nous bornerons, dans cette Note, à décrire les produits d'addition des halogénures d'alcoyles sur les thiamides N-disubstitués et une forme de décomposition de ces nouveaux produits.

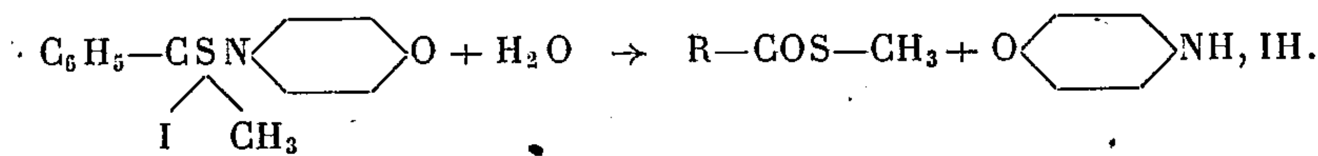
Si à une solution, acétonique par exemple, de thiamide, l'on ajoute un halogénure d'alcoyle, ce dernier se fixe équimoléculairement sur le thiamide. Le composé résultant de cette action peut être représenté par l'une ou l'autre des formules suivantes (I) ou (II) :





Pour fixer le choix entre les formules (I) et (II); il suffit de chauffer l'iodométhylate par exemple, en milieu alcalin avec un excès d'acétate de plomb; on obtient dans ce cas un précipité jaune d'or de *méthyl-mercaptate de plomb,* alors que si l'on traite dans les mêmes conditions le thiamide générateur, on a un précipité noir de sulfure de plomb. La formule (I) représenterait donc ces composés.

Ces dérivés sulfonium se dissolvent aisément dans l'eau en donnant toutefois des solutions instables qui se décomposent lentement en abandonnant l'éther thiolique correspondant; on a par exemple



Nous examinerons, dans une prochaine Note, d'autres propriétés de ces dérivés sulfonium.

Composés nouveaux préparés.

	F.
S-Iodométhylate de morpholyl-thiobenzamide $C_{12}H_{16}ONSI$	138°
S-Iodoéthylate de morpholyl-thiobenzamide $C_{13}H_{18}ONSI$	193
Morpholyl-thiosalicylamide $C_{11}H_{13}O_2NS$	167
S-Iodométhylate de morpholyl-thiosalicylamide $C_{12}H_{16}O_2NSI$	189
S-Iodoéthylate de morpholyl-thiosalicylamide $C_{13}H_{18}O_2NSI$	182
Morpholyl-thioorthométhoxysalicylamide $C_{12}H_{15}O_2NS$	95
S-Iodométhylate de morpholyl-thioorthométhoxysaliclyamide $C_{13}H_{18}O_2NSI$	185
S-Iodoéthylate de morpholyl-thioorthométhoxysalicylamide $C_{14}H_{20}O_2NSI$	171
Pipérazino-bis (thiobenzamide) $C_{18}H_{18}N_2S_2$	266
Pipérazino-bis (thiosalicylamide) $C_{18}H_{18}O_2N_2S_2$	306 (déc.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation par le nickel de Raney de la cinnamalacétophénone.* Note de M. **Zafiris Zafiriadis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant une étude, commencée en collaboration avec M. Pierre Mastagli, de l'influence des radicaux sur l'hydrogénation des cétones diéniques, nous avons été amené à préciser les conditions d'hydrogénation sous pression, en présence de nickel de Raney, de la cinnamalacétophénone. Cette cétone possédant deux radicaux benzéniques, semblait offrir *a priori* des particularités d'hydrogénation intéressantes par rapport aux cétones aryl-aliphatiques déjà étudiées ([1]), ([2]), ([3]).

Préparation de la cinnamalacétophénone ([4]). [$C_6H_5CH{=}CHCH{=}CH{-}CO{-}C_6H_5$ (diphényl-1.5 pentadiène-2.4 one-1) ($C_{17}H_{14}O$)]. — Nous avons préparé cette cétone en condensant l'aldéhyde cinnamique avec l'acétophénone. Pour cela nous avons ajouté petit à petit et sous vive agitation, à un mélange de deux parties d'aldéhyde cinnamique et de quatre parties d'acétophénone refroidi dans la glace, une partie d'une solution à 10 % d'alcoolate de sodium dans l'alcool. Après 48 heures d'agitation nous avons obtenu la cinnamal-acétophénone sous la forme d'une poudre jaune ayant un point de fusion de 102°.

Hydrogénation de la cinnamalacétophénone. — Cette cétone, avec ou sans solvant, avec 10 % de nickel de Raney, ne s'est pas hydrogénée à la température et à la pression ordinaires; mais, hydrogénée pendant 3 heures à la température de 110°, sous une pression d'hydrogène de 100 atmosphères, sans solvant, elle

---

([1]) P. Mastagli et Z. Zafiriadis, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 184.
([2]) Z. Zafiriadis, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 731.
([3]) Z. Zafiriadis, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 250.
([4]) Scholtz, *Ber.*, 29, 1895, p. 1730.

nous a donné la cétone saturée correspondante, la diphényl-1.5 pentanone-1, [$C_6H_5(CH_2)_4COC_6H_5$] possédant les constantes suivantes :

($C_{17}H_{18}O$) $É_{15}$ 225-226°; F46° (cristaux blancs) (5).

Hydrogénation de la diphényl-1.5 pentanone-1. — Cette cétone, avec 10 % de nickel de Raney, hydrogénée pendant 3 heures, à la température de 150°, sous une pression de 100 atmosphères, nous a donné l'alcool correspondant, le diphényl-1.5 octanol-1 [$C_6H_5(CH_2)_4CH(OH)C_6H_5$] possédant les constantes suivantes :

($C_{17}H_{20}O$) $É_{760}$ 332-333°; n_D^{20} 1,5562; d_4^{20} 0,961 (5).

Hydrogénation du diphényl-1.5 pentanol-1. — Nous avons obtenu l'alcool cyclanique correspondant en hydrogénant le diphényl-1.5 pentanol-1 avec 10 % de nickel de Raney pendant 12 heures, à 260°, sous une pression d'hydrogène de 100 atmosphères. Le dicyclohexyl-1.5 pentanol-1


[$C_6H_{11}(CH_2)_4CH(OH)C_6H_{11}$]

ainsi obtenu possède les constantes suivantes :

($C_{17}H_{32}O$); $É_{760}$ 330-331°; n_D^{20} 1,5052; d_4^{20} 0,901.

De cet alcool nous avons obtenu par oxydation au bichromate, en milieu acétique, la dicyclohexyl-1.5 pentanone-1 [$C_6H_{11}(CH_2)_4COC_6H_{11}$] possédant les constantes suivantes :

($C_{17}H_{30}O$); $É_{760}$ 327-328°; n_D^{20} 1,5035; d_4^{20} 0,906.

Conclusion. — Nous constatons que pour les cétones du type cinnamal, le remplacement d'un radical aliphatique par un radical arylé rend plus difficile l'hydrogénation des doubles liaisons éthyléniques et du carbonyle, mais il est sans influence sur l'hydrogénation des noyaux benzéniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Équilibre de réaction entre précalciférol et calciférol.* Note (*) de MM. **Léon Velluz** et **Gaston Amiard**, transmise par M. Charles Dufraisse.

Nous avons isolé et décrit, sous le nom de *précalciférol*, un isomère du calciférol dont le caractère distinctif est sa transformation en calciférol *sans apport d'énergie lumineuse* (1). Depuis lors, de nouvelles recherches nous ont permis d'observer un équilibre de réaction entre le calciférol et le précurseur direct qui venait de lui être reconnu.

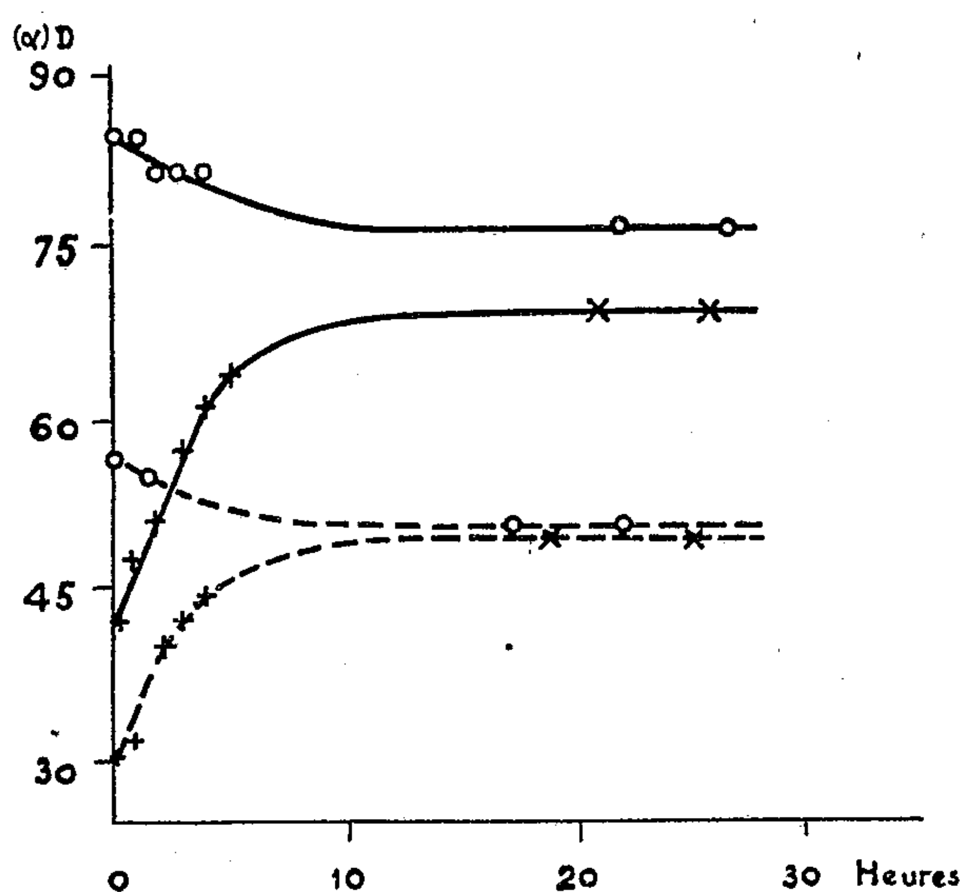
(5) Wolleman, *Ber.*, 45, 1912, p. 3721.

(*) Séance du 28 février 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 692.

Comme l'indique notre précédente Note, la transformation du dinitrobenzoate de précalciférol en dinitrobenzoate de calciférol, sous l'influence d'un léger chauffage, tend vers une limite qui reste inférieure à ce qu'indique la théorie. Le pouvoir rotatoire évolue de + 30 à + 50° sans s'approcher davantage de la valeur + 57° qui caractérise le dinitrobenzoate de calciférol. Si l'on part du précalciférol libre, la rotation moléculaire s'élève de + 43 à + 70° et demeure en deçà de + 85°, qui correspond au calciférol.

En présence de ce résultat, c'est à titre de contrôle que nous avons opéré en sens inverse et soumis le dinitrobenzoate de calciférol, puis le calciférol à plusieurs heures de chauffage à 60°, dans le benzène et à l'obscurité. Malgré sa réelle simplicité, une telle expérience n'avait sans doute jamais été conduite jusqu'au bout, sinon les résultats en eussent été infailliblement saisis et déjà connus.



Mutarotation par chauffage à 60°.

Pouvoirs rotatoires en solution benzénique à 1 % des stérols (en trait plein) et des esters dinitrobenzoïques (en pointillé). Calciférol (petits cercles), précalciférol (petites croix).

1. Si l'on chauffe à 60°, pendant 20 heures et à l'abri de la lumière, une solution benzénique à 1/100 de dinitrobenzoate de calciférol pur, le pouvoir rotatoire évolue dans le sens d'une légère diminution, de + 57 à + 51°.

L'étude principale du phénomène fut conduite sur un échantillon de 100g de dinitrobenzoate de calciférol, soigneusement contrôlé par des essais témoins. Après huit heures de chauffage à léger reflux en benzène, les cristallisations fractionnées et la chromatographie ont fourni 12g de dinitrobenzoate de précalciférol. Par contraste avec les prismes massifs, jaune vif, du dinitrobenzoate de calciférol, le produit offre à l'examen microscopique de fines aiguilles jaune pâle, toujours enchevêtrées et formant feutrage. Ces aiguilles fondent à

103°-104°. Leur pouvoir rotatoire pour la raie D est de + 30°, à 1 % dans le benzène. Nous avons procédé au contrôle ultime de la substance en recherchant son aptitude à régénérer le dinitrobenzoate de calciférol. Dans les conditions déjà décrites, le pouvoir rotatoire a évolué de + 30° à + 50° et, en fin de chauffage, le dinitrobenzoate de calciférol a été séparé sous forme pure. Il apparaît donc hors de doute que le précalciférol n'est pas exclusivement un terme de passage dans les transformations qui conduisent de l'ergostérol à la vitamine D. En plus faible quantité, il est vrai, mais de façon non équivoque, son dinitrobenzoate peut apparaître aux dépens du dinitrobenzoate de calciférol. Ce fait constitue la preuve d'un équilibre de réaction entre les deux dérivés.

2. La conclusion est du même ordre si l'on chauffe une solution benzénique de calciférol à 60° pendant plusieurs heures, toujours à l'abri de la lumière. Des réactions accessoires d'oxydation, beaucoup plus marquées qu'avec les dinitrobenzoates, apportent dans ce cas quelques perturbations. En outre, le précalciférol n'ayant pas encore été obtenu sous forme cristallisée, son identification ne peut être qu'indirecte, après estérification. Le résultat de l'expérience n'est pas pour autant contestable. Le pouvoir rotatoire en benzène s'affaisse peu à peu, de + 85° à + 77° en 20 heures, et le traitement du produit, comme nous l'avons décrit, permet d'en extraire du précalciférol à l'état de dinitrobenzoate.

En bref, l'équilibre précalciférol-calciférol conduit à penser que les deux corps offrent une grande mobilité de structure. Le plus stable est le calciférol. De moindre stabilité à l'état dissous et sensible au chauffage, le précalciférol a pu légitimement échapper aux recherches effectuées jusqu'ici par nos devanciers.

GÉOLOGIE. — *Le Dévonien de la partie occidentale de l'Adrar mauritanien.* Note de Mlle **Dorothée Le Maitre**, transmise par M. Gaston Delépine.

Le synclinal paléozoïque de l'Adrar mauritanien a déjà fait l'objet de publications dues à Chudeau, Jacquet et surtout M. Monod [1]. Au cours d'une récente campagne, M. Monod a recueilli dans le synclinal de l'Oued-el-Abid (Adrar Sud-Ouest) une faune importante qu'il m'a confiée pour étude. Cette faune donne lieu, en ce qui concerne le Siluro-Dévonien, à des remarques paléontologiques et statigraphiques que nous exposerons, en partie, dans cette première Note.

Les caractères stratigraphiques seront donnés par M. Monod. Sur les grès siluriens de Zli et du Tamga à Crinoïdes, Rhynchonellidés, Orthisidés et

---

[1] *B. S. G. F.* (4), **12**, 1911, p. 413-428; (4), **13**, 1913, p. 178; (5), **7**, 1937, p. 3-8; *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 908-909; **205**, 1937, p. 74-76; *B. S. F. G.*, **5**, 1935, p. 513-518.

Trilobites reposent des schistes et argiles à Graptolithes du Gotlandien, puis le Dévonien. (La faune silurienne sera publiée ultérieurement).

Dévonien. — A. *Coblencien :* grès grossiers, sableux, ferrugineux passant à des grès à grain plus fin; ce sont *les grès d'Aouinet Zbel* contenant : *Acrospirifer primaævus* Stein., *Eospirifer solitarius* Kr., cf. Sp. *bischofi* Roem., cf. Sp. *rousseaui* Rou., Sp. *trigeri* Vern., Sp. *dalidensis* Stein., *Hysterolites* cf. *hysterieus* Schloth., *Chonetes davousti* Oehl.

B. *Eifélien : Calcaires de Dhlaïet el Ateuch.*

1° Cet Eifélien a fourni au Sud de Hassi el Motleh : *Hadrophyllum orbignii* M. E. H., *Hadrophyllum* sp. nov. *Cladoconus, Dendropora*; *Spirifer parcefurcatus* Fuchs., *crassifulcitus* Fuchs., cf. *dorsocavus* Spriest., *elegans* Stein., *Cultrijugatus*? Roem., *speciosus* Schloth., *speciosus-intermedius* Schnur., *Reticularia curvata* Schlot., *Platyorthis opercularis* Murch. Vern. Keys., *Schellwienella umbracula* Schloth., *Athyris spiriferoïdes* Eat.

2° A Dhlaïet el Ateuch, les calcaires marneux contiennent : *Rhipidomella* du groupe *hamoni* Rou., *Schizophoria striatula* Schloth., *Leptænea rhomboïdalis* Wick., *Atrypa zonata* Schnur., *Spinocyrtia ostiolata* Schloth., et des variétés de cette espèce dont *Sp. glinkana* Arch. Vern. Murch., *Hysterolites* du groupe *Subcuspidatus* Schnur., *Uncinulus signatus* Siev., *Rensselandia cf. cordiforme* Stainbr., *Rensselandia sp., Merista sp. nov., Mytilarca sp. nov.*

C. Enfin, le fond du synclinal a livré des plaquettes de calcaire gréseux contenant des *Spirifer* du groupe *Bouchardi* Murch., et *Spirifer sp.* C'est le terme le plus élevé et terminal de la série dévonienne en cette partie du synclinal de l'Adrar.

Ainsi : 1° Le Gédinnien n'a pu être défini.

2° Le Coblencien dans son ensemble a un faciès littoral, sableux, formé en bordure de plage; les fossiles y sont bien conservés.

3° L'Eifélien, calcaire, de faciès néritique, est bien défini par sa faune, mais les polypiers et brachiopodes sont souvent de petite taille ce qui peut être dû à des conditions de milieu défavorables.

A Dhlaïet el Ateuch, le terme supérieur de l'Eifélien est fait d'un amoncellement de coquilles, de Spiriférides surtout, atteignant une grande taille. Tous les fossiles sont entourés, et parfois remplis, d'un calcaire ferrugineux et d'oolithes ferrugineux contemporains de la formation. L'abondance de *Sp. ostiolata* situe cette zone à l'extrême sommet de l'Eifélien; c'est l'équivalent de la partie supérieure des *Gondelsheimer schichten*, l'horizon à *Sp. ostiolata* des régions rhénanes qui se place en dessous des *Crinoïden Schichten*. *Sp. glinkana* qui en est une variété se trouve au même niveau en Russie. Les variations de *Sp. ostiolata* rappellent celles du *Sp. verneuili* et présentent de grandes affinités avec des espèces américaines de l'Hamilton group, sans qu'on puisse les y assimiler. De plus, le genre *Rensselandia* qui s'y trouve, apparaît donc au Sahara plus tôt qu'en Ardenne et en Allemagne. Ces deux derniers traits

pourraient inciter à incorporer cette formation de l'Adrar dans le Givétien, s'il n'y avait pas l'abondance de *Sp. ostiolata*. Ce peut être d'ailleurs une zone de passage entre Eifélien et Givétien.

Quoi qu'il en soit, le Givétien, en cette partie Sud-occidentale de l'Adrar est, sinon absent, du moins extrêmement réduit. La présence d'oolithes ferrugineux dans le calcaire et sur les fossiles de la zone à *Sp. ostiolata* indique l'existence de courants qui ont pu enlever une partie ou la totalité des sédiments givétitiens déjà formés. Ou bien, ceux-ci ne se sont jamais déposés dans toute l'étendue du synclinal.

Cette dernière hypothèse est vraisemblable. Des lacunes de ce genre sont connues en Europe, au Dévonien, notamment dans le Nord-Ouest de l'Espagne et dans la péninsule armoricaine. Dans lès Asturies, dans la vallée de la Truvia, les formations dévoniennes ne dépassent pas l'Eifélien inférieur, alors qu'à Arnao toute la série dévonienne est présente. Dans le Massif armoricain, le Givétien est seulement connu en Vendée, tandis que les dépôts coblencien, eifélien et dévonien supérieur existent plus au Nord, dans le bassin d'Ancenis, dans celui d'Angers et en Bretagne occidentale.

A proximité du haut fonds, ou de la Cordillère partiellement émergée qui séparait, au Paléozoïque, les deux grands géosynclinaux de Tindouf et de Taoudéni, les conditions qui causent des lacunes de sédimentation étaient de même réunies. Ceci explique les observations qui ont déjà été faites, notamment par Jacquet, dans la partie Ouest du synclinal de Tindouf, dans l'Adrar et dans le Zemmour.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'évolution du tryptophane et de l'azote total au cours du développement du Blé et du Pois.* Note de Mme **Francine Charconnet-Harding** et de M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. Raoul Combes.

Il existe d'assez nombreux travaux sur les variations de N total aux différentes phases du développement des plantes. Nous n'avons par contre que des données très fragmentaires sur le sort de tel ou tel amino-acide. Il nous apparaît même qu'aucune étude n'a été consacrée à l'évolution d'un acide aminé *global*, c'est-à-dire sous ses deux formes, libre et combinée. C'est ce que nous avons tenté de faire pour le tryptophane. Les tableaux ci-après rapportent l'essentiel des résultats concernant le Blé et le Pois.

Chez le Blé, pendant la période comprise entre la germination et la floraison, le taux absolu de tryptophane passe chez la plante entière de 45 à 16677^{γ}, alors que les protides totaux s'élèvent parallèlement, mais de façon moins marquée (de 4,5 à 1137^{mg}). Il s'ensuit que le rapport T/Pr évolue de 1 à 1,5. Entre la floraison et la maturation, le tryptophane total et les protides se maintiennent relativement constants et le rapport se stabilise.

Stade de végétation.	Durée (jours).	Poids de 100 plantes sèches (g).	N du poids sec (%).	Tryptophane du poids sec (%).	Protides totaux (mg) par unité.	Tryptophane total (γ) par unité.	$\frac{\text{Trypt.}}{\text{protides}}$ 100.
			Blé (Vilmorin-Fylgia).				
Graine initiale....	0	3,48	2,09	0,130	4,55	45,2	0,99
» germée....	4	2,91	2,13	0,150	3,87	43,6	1,12
1 feuille.........	13	2,62	3,50	0,258	5,73	67,6	1,17
2 feuilles........	23	2,78	4,04	0,300	6,9	83,4	1,19
3-4 feuilles......	40	7,26	4,62	0,450	20,95	327	1,55
Fleurs...........	83	662	2,75	0,252	1137	16677	1,46
Fruits formés....	100	980	1,96	0,162	1201	15882	1,32
» mûrs......	110	1017	1,89	0,157	1201	15963	1,32
			Pois (Vilmorin-Unica).				
Graine initiale....	0	19,8	3,98	0,197	49	390	0,79
» germée....	4	19,7	4	0,202	49	397	0,80
1 feuille.........	13	17,6	5,01	0,307	53	520	1
6-8 feuilles......	40	20,5	5	0,428	64	877	1,36
Début fleurs.....	66	82,1	4,12	0,345	211	2852	1,33
» gousses....	83	131	3,23	0,3	264	3930	1,48
Gousses.........	89	278	3,29	0,27	571	7508	1,31

Chez le Pois, l'intensité des synthèses azotées est relativement moindre jusqu'à la floraison puisque les valeurs absolues passent de 390 à 2850γ pour le tryptophane et de 49 à 211^{mg} pour les protides. Dans cette période, le rapport croît de 0,8 à 1,3. Par la suite, et contrairement au Blé, tryptophane et protides de la plante entière continuent à s'élever et font plus que doubler. Le rapport s'établit alors à 1,3 environ.

Proportionnellement, l'anabolisme azoté est beaucoup plus intense chez le Blé en herbe qu'au cours de la croissance végétative du Pois. C'est le contraire qui se passe au cours de la vie sexuée. On peut en déduire que c'est après la floraison que s'oriente chez ces plantes les processus qui aboutissent à l'élaboration de réserves glucidiques ou protidiques.

Par ailleurs, les pourcentages en tryptophane et en protides atteignent leurs maxima avant la floraison, tant chez le Blé que chez le Pois. Dès l'apparition des organes floraux, ils diminuent et continuent à le faire pendant la maturation. Il est logique d'admettre qu'à ces stades les synthèses glucidiques prennent le pas sur les synthèses azotées.

Enfin le rapport T/Pr s'élève tout au long du stade herbacé, ce qui laisse supposer qu'il y a, par rapport aux autres formes d'azote, de plus en plus de tryptophane synthétisé. Dès la floraison, il se stabilise, indiquant qu'il s'établit alors une corrélation dans l'élaboration des matières protidiques.

En résumé : bien que, dans les deux cas, les plus fortes concentrations en

tryptophane et en azote s'observent dans la période de préfloraison, une différence essentielle distingue le Blé du Pois quant à l'évolution de ces principes. C'est uniquement au cours de la croissance végétative du Blé que s'accomplissent les synthèses azotées. Dès la floraison les taux absolus n'augmentent plus et même diminuent légèrement. Chez le Pois, au contraire, les synthèses azotées se poursuivent encore avec intensité de la floraison à la maturation. Il semble donc que ce soit cette période (la vie sexuée) qui caractérise la biochimie des plantes à réserves amylacées ou protidiques.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de pinitol dans quelques Légumineuses.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le pinitol ou méthyl-*d*-inositol $C_6H_{11}O_5OCH_3$ a été découvert en 1855 par Berthelot dans le *Pinus Lambertiana* Dougl., puis retrouvé chez d'autres Conifères. Sa présence chez une Légumineuse, le *Cassia angustifolia* Vahl (Dragendorff et Kubly, 1866) m'a fait supposer qu'on le rencontrerait dans d'autres plantes de cette famille.

Cette hypothèse a été vérifiée par la recherche bibliographique des travaux ultérieurs comme par mes expériences personnelles. En effet, le pinitol a été isolé par divers auteurs des Légumineuses suivantes : *Ceratonia Siliqua* L. (manne) (1922); *Acacia stolonifera* Burch. (1935); *Lotononis laxa* Eckl. et Zeyh. (1939); *Astragalus Earlei* (Greene?), *Oxytropis Lambertii* (Pursh?) (1940); *Lupinus caudatus* Kellogg (1941); *Astragalus Wootoni* (Sheld.?) (1942); *Erythrophleum guineense* G. Don (1947).

En appliquant les méthodes d'extraction par l'acétone que j'ai déjà décrites [1], j'ai isolé le pinitol des espèces suivantes :

1° Mimosoideæ. — *Albizzia Julibrissin* Durazz. (rameaux, rachis, folioles); *Acacia dealbata* Link (rameaux feuillés); *A. longissima* Wendl. (rameaux, phyllodes, fleurs); *Mimosa pudica* L. (rameaux feuillés).

2° Cæsalpinioideæ : *Schotia speciosa* Jacq. (rameaux, feuilles); *S. latifolia* Jacq. (feuilles); *Bauhinia purpurea* L. (rameaux); *Cercis Siliquastrum* L. (rameaux en janvier et en août, feuilles, fleurs, fruits verts en août, fruits bruns en octobre); *C. S.* var. *alba* West. (fleurs); *C. canadensis* L. (feuilles); *Cassia corymbosa* Lam. (rameaux, folioles, fleurs); *C. australis* Sims (rameaux, feuilles); *Ceratonia Siliqua* L. (rameaux, pétioles, folioles, fruits); *Gymnocladus dioicus* C. Koch (rameaux, rachis, folioles, fruits verts : enveloppe externe et tissu mou interne séparés); *Gleditschia triacanthos* L. (rameaux, folioles, fruits en décembre); *G. t.* var. *inermis* Willd. (rameaux); *G. caspica* Desf. (rameaux, rachis, folioles, fruits verts en septembre, fruits bruns en décembre); *G. Delavayi* Franch. (feuilles).

---

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1842; **227**, 1948, p. 85 et 225.

3° Papilionatæ : Sophoreæ : *Sophora japonica* L. (rameaux, rachis, folioles); *S. Korolkowii* Hort. (folioles); *Cladrastis lutea* C. Koch (rameaux, folioles, fruits en septembre).

Podalyrieæ : *Baptisia australis* R. Br. (rameaux, feuilles).

Genisteæ : *Laburnum anagyroides* Med. (rameaux, feuilles); *L. alpinum* Griseb. (rameaux); *Petteria ramentacea* Presl. (rameaux, feuilles); *Genista tinctoria* L. (rameaux feuillés); *G. hispanica* L. (rameaux feuillés); *G. Lobelii* DC. (rameaux verts); *Spartium junceum* L. (rameaux verts); *Ulex europæus* L. (rameaux feuillés); *Cytisus scoparius* Link (rameaux verts); *C. elongatus* Waldst. et Kit. (feuilles); *C. ciliatus* Wahl. (rameaux); *Cytisanthus radiatus* Lang (rameaux verts).

Trifolieæ : *Ononis Natrix* L.; *O. mitissima* L.; *Medicago sativa* L.; *Melilotus officinalis* Lam.; *Trifolium pratense* L.; T. *repens* L. (tiges feuillées).

Loteæ : *Anthyllis Hermanniæ* L. (rameaux feuillés); *Lotus corniculatus* L. (tiges feuillées).

Galegeæ : *Amorpha californica* Nutt. (rameaux, folioles); *A. fruticosa* L. (feuilles); *Indigofera Gerardiana* Wall. (rameaux, feuilles, fruits en octobre); *I. Kirilowii* Maxim. (rameaux); *I. pulchella* Roxb. (rameaux); *Galega officinalis* L. (tiges feuillées); *Wistaria sinensis* Sweet (rameaux, feuilles); *Robinia Pseud'Acacia* L. (folioles); *R.P.* var. *monophylla* Carr. (feuilles); *Colutea arborescens* L. (rameaux); *C. melanocalyx* Boiss. (rameaux, feuilles, fruits en septembre-octobre); *C. brevialata* Lange (écorces); *C. cilicica* Boiss. (rameaux); *Halimodendron halodendron* Voss. (rameaux, folioles); *Caragana arborescens* Lam. (rameaux, feuilles); *C. microphylla* Lam. (feuilles); *C. Chamlagu* Lam. (rameaux); *Astragalus Cicer* L. (tiges feuillées); *A. gummifer* Labill. (tiges feuillées); *Bisserula Pelecinus* L. (plante entière); *Glycyrrhiza glabra* L. (feuilles).

Hedysareæ : *Coronilla Emerus* L. (rameaux); *C. emeroides* Boiss. (rameaux, folioles); *C. varia* L. (tiges feuillées); *Hedysarum multijugum* Maxim. (rameaux); *H. coronarium* L. (tiges feuillées); *Desmodium cinerascens* Franch. (rameaux); *Lespedeza bicolor* Turcz. (feuilles); *Campylotropis macrocarpa* Rehd. (feuilles).

Phaseoleæ : *Pueraria Thunbergiana* Benth. (feuilles).

Les rendements et les difficultés de l'extraction ont été très variables suivant les plantes : des détails sur ce point feront l'objet d'une autre Note. Le pinitol obtenu a été identifié dans tous les cas par sa forme cristalline, son point de fusion 188° (sans dépression après mélange avec du pinitol de référence), sa sublimation au delà de 200°. Son pouvoir rotatoire $\alpha_D = +65°$ a été vérifié dans un bon nombre de cas. Enfin, quelques échantillons ont été soumis au dosage de la fonction méthoxylée ($OCH_3 = 15,97\%$) et à la déméthylation par l'acide iodhydrique (*d*-inositol obtenu fondant à 247°).

Ainsi, le pinitol a été extrait 114 fois, de 72 légumineuses appartenant

à 43 genres. Considéré comme rare jusqu'à maintenant, il est en réalité largement réparti dans cette famille où il apparaît comme un élément caractéristique de son chimisme. Il établit une parenté entre ses multiples genres, une liaison entre les trois sous-familles, un argument en faveur de leur origine monophylétique.

AGRONOMIE. — *Recherches sur le désherbage des champs de céréales au moyen de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique.* Note de MM. **Robert Longchamp** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Joseph Magrou.

Le désherbage sélectif des champs de céréales au moyen de l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique (2.4-D) est entré dans la pratique courante. Le procédé le plus employé consiste à pulvériser des solutions aqueuses de cette substance ou de ses sels. Un désherbage convenable est obtenu par l'utilisation d'une dose de l'ordre de 2^{kg} à l'hectare. Mais dans ces conditions la plupart des céréales, notamment l'Orge, le Maïs et certaines variétés de Blé et d'Avoine sont sérieusement endommagées. Pour éviter ces défauts, on a proposé de réduire la dose d'herbicide à 1^{kg} par hectare environ. Malheureusement la destruction des mauvaises herbes est alors insuffisante et, néanmoins, le rendement des céréales est diminué dans une proportion de 1,2 à 18 % par rapport aux témoins non désherbés, et dans une proportion de 10 à 27 % par rapport aux témoins désherbés à la main ([1]). Ainsi l'usage du 2.4-D à l'état liquide est vraiment désastreux, car, en toutes circonstances, il produit une baisse de rendement.

Deux américains Marth et Mitchell sont parvenus à supprimer ces inconvénients en se servant de 2.4-D à l'état sec associé à un engrais composé ([2]). Leur technique n'a pas été adoptée par les agriculteurs américains car les méthodes de culture extensive des céréales utilisées aux États-Unis se prêtent mal à l'usage des engrais composés. Il nous a paru qu'elles pourraient par contre être intéressantes en France où les engrais composés sont employés systématiquement.

Nous avons entrepris de comparer l'action du 2.4-D et de ses sels d'ammonium ou de potassium sur le comportement de diverses céréales (Blé Renfort, Blé Fylgia, Orge Aurore, Avoine de Versailles), cultivées dans des parcelles infestées naturellement ou artificiellement par des mauvaises herbes courantes. Nos essais ont porté sur près de 300 parcelles de 4$^{m^2}$ dont chacune a reçu un traitement différent. Les désherbants furent employés sous deux formes :

1° A l'état de pulvérisations de solutions aqueuses assurant une répartition de 1/2, 1, 2, 4, ou 8^{kg} de 2.4-D à l'hectare. Dans certains cas, ces solutions

(1) Mc Neal, *Journ. Amer. Soc. Agron.*, 40, 1948, p. 1070-1073.
(2) *Bot. Gaz.*, 108, 1947, p. 414-420.

étaient additionnées de nitrate de calcium (10, 20, ou 50^{kg} à l'hectare), dans le but de neutraliser la toxicité du 2.4-D, ou de carbowax 1500 (10 ou 20^{kg} à l'hectare) afin de renforcer au contraire l'efficacité de l'herbicide.

2° Sous forme solide, associés à un engrais composé du type 8.6.5. Les doses de désherbant étaient alors les mêmes que dans le cas précédent, mais l'engrais fut constamment employé à raison de 600^{kg} à l'hectare. Chaque parcelle a reçu une application unique de désherbant qui fut faite au printemps et à diverses époques afin de traiter les céréales à différents stades de leur développement. Ces expériences nous ont fourni les résultats suivants :

1° Les pulvérisations de 2.4-D et de ses sels n'ont pas permis de désherber les champs de céréales d'une manière satisfaisante. En effet la destruction des mauvaises herbes a exigé une dose d'herbicide de l'ordre de 2^{kg} par hectare qui s'est montrée incompatible avec le développement normal de toutes les céréales expérimentées à l'exception de l'Avoine de Versailles. L'Orge Aurore a été particulièrement sensible aux pulvérisations de 2.4-D car une dose de 1^{kg} à l'hectare a inhibé notablement sa croissance. Cette action dépressive n'a pu être combattue par le nitrate de calcium ; elle a été renforcée par le Carbowax 1500.

2° L'utilisation du 2.4-D et de ses sels à l'état solide a fourni par contre d'excellents résultats. Le désherbage obtenu avec une dose de l'ordre de 2^{kg} à l'hectare a été presque aussi satisfaisant que dans le cas des pulvérisations et le développement des céréales n'a pas été freiné même en se servant de doses de 2.4-D de l'ordre de 8^{kg} à l'hectare.

3° Au cours de ces essais nous avons en outre constaté que les pulvérisations de 2.4-D favorisaient l'attaque des céréales par les maladies cryptogamiques notamment par le *Cladosporium herbarum* et les Rouilles. Nous pensons que ce renforcement des invasions cryptogamiques doit être attribué surtout à la dépression subie par les céréales sous l'action des solutions désherbantes. En effet, seules les parcelles traitées par pulvérisation ont fait l'objet de fortes invasions cryptogamiques tandis que celles traitées par les engrais désherbants n'ont pas présenté d'attaques plus violentes que les témoins. Mais il se peut aussi que les pulvérisations désherbantes aient exalté l'activité des Cryptogames. Nous nous proposons de publier les détails des expériences qui viennent d'être décrites brièvement et d'effectuer en outre des études quantitatives.

Mais nos essais nous permettent déjà d'affirmer que le désherbage des champs de céréales au moyen de pulvérisations de 2.4-D et de ses sels fournit des résultats déplorables. Cette méthode ne peut assurer une destruction convenable des mauvaises herbes sans provoquer en outre une inhibition sévère du développement des céréales. Elle favorise enfin les invasions cryptogamiques. Ces inconvénients peuvent être évités en utilisant le 2.4-D à l'état solide, associé à un engrais composé, et cette méthode mérite donc un examen approfondi.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Note préliminaire concernant l'étude radiographique de la métamorphose de la mouche et l'application de cette méthode de recherche à la pathologie chez cet insecte.* Note (*) de M. PIERRE THÉVENARD, présentée par M. Émile Roubaud.

Pour l'étude biologique des différents stades de la métamorphose chez la mouche, nous avons pensé qu'il pourrait être avantageux d'avoir recours à la radiographie en série, et, au moins pour certaines phases définies de la métamorphose, à la radio-cinématographie.

Nous n'en sommes, pour la radio-cinématographie, qu'à la période de mise au point; mais la première des deux méthodes nous a déjà permis l'observation des faits suivants :

1. La phase toute initiale de la métamorphose est caractérisée radiographiquement par l'apparition et l'évolution de ce que nous nommons provisoirement la bulle claire.

D'abord simple point, situé à l'union du futur thorax et du futur abdomen, elle grossit rapidement jusqu'à atteindre un diamètre sensiblement égal aux deux tiers de celui de la pupe.

Puis, cette bulle glisse rapidement vers l'arrière de l'abdomen, qu'elle contourne, et se résout en se répandant apparemment tout autour de la mouche l'isolant de la paroi de la pupe.



1. Évolution de la bulle claire. — 2, *A droite :* deux images des voies excrétrices opacifiées. *A gauche :* mouche peu après sa sortie de la pupe. — 3. Radiographie de 8 pupes provenant de larves atteintes d'une affection d'allure carcinomateuse.

Dès ce moment, soit de 30 à 55 heures en moyenne, suivant la saison, après le début de la métamorphose, la silhouette de la mouche en ses trois parties : tête (avec la saillie fort bien dessinée des yeux), thorax, abdomen, est très nettement visible.

L'aspect et le comportement de cette bulle sont tels qu'on peut presque à coup sûr la considérer comme étant de nature gazeuze.

(*) Séance du 28 février 1949.

2. Dès la fin du stade précédent, on voit apparaître dans la partie haute de l'abdomen, en deux points symétriques par rapport à la ligne médiane, de petites taches opaques aux rayons X. Ces taches iront grossissant et s'opacifiant au fur et à mesure que se poursuit la métamorphose, jusqu'à dessiner l'image de deux réservoirs tubulaires multicontournés, réunis chacun par un fin tractus à l'extrémité postérieure de l'abdomen.

Cette image radiologique rappelle tout à fait celle d'une urographie chez l'homme. Elle est très vraisemblablement produite par l'accumulation dans les voies excrétrices de la mouche de produits contenant une teneur élevée en calcium, produits qui sont expulsés en bloc par l'insecte lors de la première évacuation cloacale blanchâtre qui suit toujours de peu la sortie de la pupe. Une radiographie de la mouche, effectuée après cette évacuation, montre d'ailleurs l'abdomen redevenu uniformément perméable au rayonnement X.

3. Fort des résultats obtenus dans le cas de métamorphoses normales, nous avons appliqué cette méthode à l'exploration de pupes arrêtées dans leur évolution par une affection d'allure carcinomateuse [1] que nous avons constatée chez un certain nombre de nos larves.

Sur huit pupes ainsi radiographiées, une seule des mouches observées n'a pas montré de lésions démonstratives; les sept autres, au contraire, présentent toutes des pertes de substance plus ou moins étendues, avec atteinte constante et symétrique des yeux. Ce cliché rappelle à de nombreux titres ceux que l'on a observés dans certaines métastases de cancer chez l'homme.

Cette méthode de recherche a donc apporté déjà d'intéressants résultats dans le cas particulier de la métamorphose de la mouche; il va sans dire qu'elle est susceptible d'applications plus générales, notamment qu'elle pourrait être employée avec fruit dans l'étude des métamorphoses d'autres insectes.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Les antennes et le phototropisme chez* Blattella germanica. Note de M. **Michel Goustard**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

A l'aide du modèle de labyrinthe qui m'a servi pour des travaux antérieurs [1], j'ai étudié le rôle des sections partielles ou totales des antennes chez *Blattella germanica*. Dans une première série d'expériences, la moitié de l'antenne droite ou gauche a été enlevée, puis les réactions de *Blattella* étudiées après 24 heures, quand les effets du choc opératoire ont eu le temps de se dissiper.

---

[1] Actuellement étudiée dans le service du Dr Lépine à l'Institut Pasteur, par le Dr Strunge.

[1] *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 785-786.

Le modèle de labyrinthe se compose, rappelons-le, d'une allée centrale portant de part et d'autre, cinq culs-de-sac équidistants se faisant face; le dressage est alors fortement perturbé et la courbe d'élimination des erreurs n'affecte plus la belle régularité qu'on observait dans les conditions normales; on constate toujours néanmoins un dressage statistiquement significatif; les erreurs augmentent nettement du côté de l'antenne intacte, ce qui confirme les observations de Brecher (²) et va à l'encontre de celles de Chauvin (³) qui n'opérait pas d'ailleurs exactement dans les mêmes conditions que moi.

Lorsque l'une des antennes a été complètement sectionnée la perturbation est plus forte encore; les sujets refusent de sortir de leur abri, avancent en zigzag, tombent à l'eau : ceci dans les conditions d'éclairement normales, c'est-à-dire avec une lampe de 200 watts placée à 25^{cm} au-dessus du labyrinthe. Mais lorsque l'éclairement tombe aux environs de 20 lux, le comportement se régularise et l'on obtient à nouveau des dressages.

Lorsque les deux antennes ont été sectionnées aux ras du vertex, la perturbation est alors énorme, comme Chauvin l'a déjà observé; la Blatte toutefois ne meurt pas, comme le feraient une Abeille ou un Termite après la même opération. Il est tout à fait impossible d'obtenir un parcours correct du labyrinthe, même longtemps après l'opération. Mais sous un éclairage très faible (moins de 10 lux) permettant à peine de distinguer la Blatte sur le fond blanc du labyrinthe, on peut obtenir des parcours normaux et même des séries de dressage significatives. La vitesse de marche est alors extrêmement lente; les erreurs augmentent régulièrement au fur et à mesure de la progression, alors que dans les conditions normales, elles sont bloquées au début et à la fin. La Blatte s'arrête devant l'abri et refuse le plus souvent d'y pénétrer spontanément. Mais surtout, les erreurs à droite, du côté de la lampe, sont beaucoup plus nombreuses que celles du côté opposé. Lorsque la lampe est placée au-dessus du cul-de-sac opposé à l'abri (en G5 suivant notre nomenclature), les erreurs se font au contraire presque toutes dans les culs-de-sac gauches. Au contraire, une Blatte normale, dans des conditions d'éclairement aussi faible, se meut avec sa vitesse habituelle et bloque ses erreurs dans les culs-de-sac opposés à la lampe.

Nous sommes donc amené à conclure que *la section complète des antennes de la Blatte provoque une inversion de la photonégativité* de ces animaux aux faibles éclairements. D'autre part, nous avons vu que l'animal opéré paraissait au contraire plus sensible aux éclairements intenses, et Lecomte (⁴) a montré que les Blattes normales, auxquelles on propose un choix entre l'obscurité et une

(²) *Zeitschr. f. vergl. Physiol.*, 10, 1929, p. 497-126.

(³) *Bulletin biologique France et Belgique*, 8, fasc. I-II, 1947, p. 92-128.

(⁴) Travail en cours de publication dans le *Bulletin de la Société zoologique*.

lumière rouge très faible, paraissent stationner de préférence dans le rouge, ce qui n'a rien d'étonnant, puisqu'on sait fort bien que la photonégativité ou la photopositivité ne sont souvent qu'une question d'intensité lumineuse. Enfin, l'inversion phototropique ne se produit qu'après section des articles basilaires des antennes contenant les organes de Johnston.

Nous sommes donc amené à conclure que les organes de Johnston abaissent le seuil d'inversion du tropisme, puisque leur section l'élève au contraire. Ceci n'est pas en accord avec la théorie de Viaud ([5]), qui veut que le sens de la réaction phototropique soit sous la dépendance de la sensibilité dermatoptique. Ces organes joueraient en même temps un *rôle stimulateur* puisque, en leur absence s'observe un très grand ralentissement des mouvements de l'insecte (les différences d'intensité entre insectes normaux et insectes amputés n'apparaissent pas, notons-le en passant, à l'actographe, mais seulement dans le labyrinthe). Quant au mécanisme par lequel les antennes peuvent influencer la photosensibilité, il ne peut être qu'indirect. Il est difficile en effet d'admettre que les antennes puissent être le siège d'une réception lumineuse quelconque, étant donné qu'il n'existe rien en elles qui rappelle la structure classique des organes photorécepteurs. Il faut rapprocher les faits que nous avons observés de ce qui se passe chez la Drosophile aux ailes amputées, dont le phototropisme s'inverse également.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets du thiouracil sur le plumage des poussins de la race Faverolles saumonée.* Note de MM. **Louis Gallien** et **René Pero**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les effets du thiouracil sur le plumage ont été étudiés par Domm et Blivaiss ([1]) et par Juhn ([2]), qui ont signalé, sur des poussins Leghorn dorés, des résultats comparables à ceux qu'entraîne la thyroïdectomie.

Nous avons analysé l'action de ce produit sur le plumage de poussins Faverolles en cours de croissance, en portant notre attention sur l'influence du mode d'administration.

Dans cette race, le plumage est blanc et noir chez le mâle, beige saumoné chez la femelle. A partir de la sixième semaine, les poussins ont été répartis en quatre lots aussi comparables que possible, formés chacun de deux mâles et trois femelles; ces lots ont été traités de la 7e à la 17e semaine (pendant la seconde plumaison) de la manière suivante :

Un premier lot, témoin, a continué de recevoir de la nourriture normale.

([5]) *Le phototropisme animal* (*Publ. Fac. Lettres Strasbourg*, 1931).

([1]) *Proc. Soc. Expér. Biol. Méd.*, 57, 1944, p. 367.

([2]) *Endocrinology*, 39, 1946, p. 14.

Les trois autres lots, traités ont reçu, avec cette nourriture, 60^{cg} de thiouracil par semaine distribués différemment dans chaque lot :

— Lot 1 : 1 dose quotidienne de 10^{cg} pendant 6 jours suivis d'un jour de repos.

— Lot 2 : 3 doses consécutives de 20^{cg} et 4 jours de repos.

— Lot 3 : 2 doses de 30^{cg} séparées par 3 et 4 jours de repos.

Ces doses ont été données sous forme de pilules et représentent sensiblement 0,2 % en poids de la nourriture ingérée.

A la suite de ce traitement, nous avons observé les effets suivants :

— *Sur la plumaison* : La seconde plumaison débute normalement chez ces poussins vers la 8e semaine. Nous avons constaté un retard de deux à trois semaines pour les lots 1 et 2, avec de nombreuses irrégularités dans la pousse des plumes du dos et des ailes.

— *Sur le plumage* : *a. Altération de structure.* — Les plumes du camail, de la poitrine et les lancettes, apparues au cours de la seconde plumaison, présentèrent les modifications suivantes, particulièrement nettes chez les animaux des lots 1 et 2 :

1° Allongement de la plume et rétrécissement, dus à une réduction plus ou moins forte des barbes centrales.

2° Régression des barbules le long des barbes, de l'extrémité vers la base, laissant apparaître une bande marginale sans barbules. Sur les lancettes des mâles 1, la barbulation s'est trouvée ainsi réduite à un mince filet central, le long du rachis.

b. Altérations de pigmentation. — L'ingestion de thiouracil a modifié la répartition du pigment sur les plumes des régions sensibles, particulièrement chez les femelles des lots 1 et 2, où sont apparus des festons de pigment brun, correspondant à la périodicité des distributions.

Les femelles du lot 2 ont présenté en outre une *mélanisation* trés sensible des plumes du camail, de la poitrine et des ailes; celles qui ont poussé pendant l'expérience se trouvant complètement noires. Ces observations sont à rapprocher des faits du même ordre signalés par Juhn qui a observé, chez les Leghorn dorés, après traitement au thiouracil, le remplacement, dans les régions sensibles, du pigment noir par le pigment rouge.

En résumé :

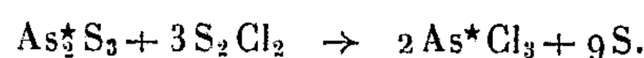
1° Les effets du thiouracil sur la plumaison et sur le plumage ont été d'autant plus sensibles que l'administration du produit a été plus continue.

2° Certains territoires (camail. poitrine, ailes, lancettes) manifestent une réponse particulièrement sensible.

3° L'action du produit se traduit, dans ces territoires, par des modifications de la structure et de la pigmentation des plumes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de molécules d'intérêt biologique, renfermant du radioarsenic.* Note (*) de MM. **Buu Hoï, Raoul Caussé,** Mmes **Pascaline Daudel, Monique Flon, Christiane Hertzeg,** MM. **Nguyen Hoan** et **Antoine Lacassagne**, présentée par M. Frédéric Joliot.

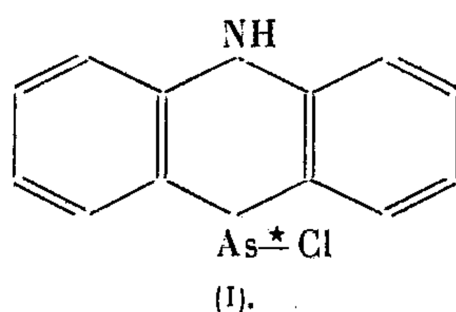
Nous avons montré, dans un travail antérieur (¹), qu'il était facile de préparer du trichlorure de radioarsenic (As^{76}) très actif, en faisant agir le protochlorure de soufre sur le sulfure de radioarsenic selon l'équation



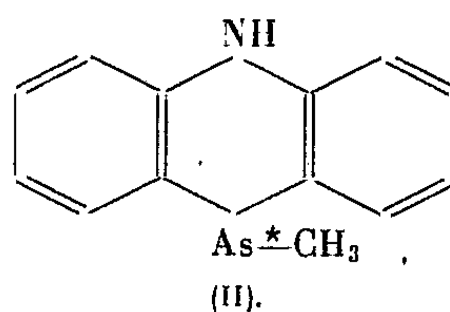
$$As_2^*S_3 + 3S_2Cl_2 \rightarrow 2As^*Cl_3 + 9S.$$

Le sulfure de radioarsenic est obtenu, par effet Szilard, à partir de l'arséniate de sodium irradié par neutrons lents du cyclotron du Collège de France, selon le procédé indiqué par l'un de nous (²). A l'aide du trichlorure de radioarsenic ainsi préparé, nous avons effectué la synthèse de plusieurs molécules arsenicales présentant un intérêt biologique.

I. *Adamsite radioactive et ses dérivés.* — L'action du trichlorure de radioarsenic sur la diphénylamine a permis d'obtenir aisément la 10-chloro-9.10 dihydrophénarsazine marquée (I).



(I).



(II).

La condensation, en présence d'un excès de diphénylamine, a donné l'adamsite pure, avec un rendement d'environ 70 % (calculé d'après la comparaison de la radioactivité du produit avec celle d'un échantillon de trichlorure de radioarsenic). Le produit cristallise du benzène en prismes jaune verdâtre, F 194-195°; la synthèse demande environ 5 ou 6 heures. L'action de l'iodure de méthylmagnésium en excès sur l'adamsite conduit, avec un rendement quantitatif et en quelques minutes, à la 10-méthyl-9.10 dihydrophénarsazine (II), cristallisant de l'éther de pétrole en aiguilles incolores, F 108-109°.

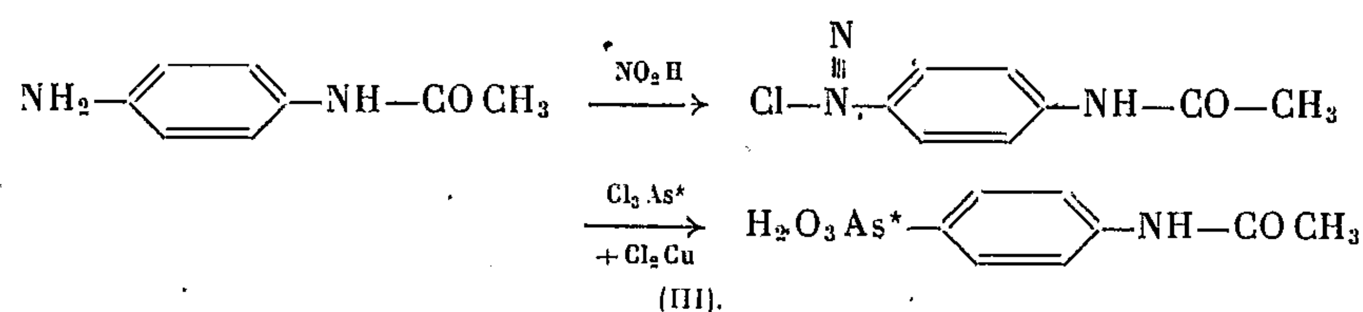
(*) Séance du 21 février 1949.

(¹) M. Berger, Buu-Hoï, P. et R. Daudel, E. Holovék, A. Lacassagne et R. Royer, *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 51.

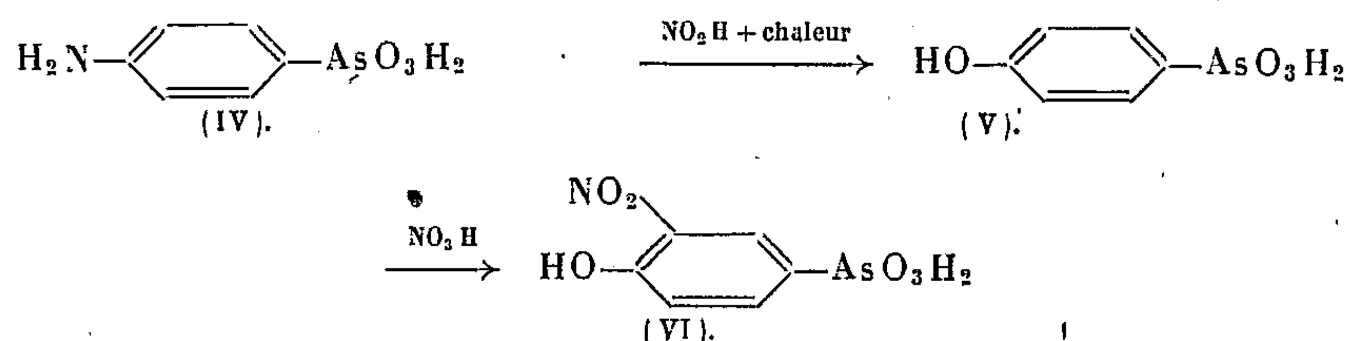
(²) R. Daudel, *Thèse*, Faculté Sciences, Paris, 1943.

Au point de vue biologique, l'adamsite possède des propriétés sternutatoires, ce qui lui a valu d'être employé comme gaz de combat ([3]); son dérivé (II) est toxique pour la peau ([4]).

II. *Atoxyl, arsacétine et salvarsan radioactifs.* — L'atoxyl et l'arsacétine (III) furent les premiers arsenicaux aromatiques introduits dans la thérapeutique des trypanosomiases. Pour nous, l'arsacétine offre cet intérêt qu'elle est le prototype des composés arsenicaux qui engendrent, chez le Cobaye et la Souris, des troubles de l'audition et de l'équilibre ([5]). Nous avons réalisé la synthèse de l'arsacétine marquée en effectuant la réaction de Bart-Scheller ([6]) sur la *p*-aminoacétamide, en milieu acétique ou alcoolique, et en présence de trichlorure de radioarsenic, selon l'équation



La synthèse s'effectue en un quart d'heure, et les rendements sont de plus de 70 %, calculés par rapport au chlorure de radioarsenic. Le passage de l'arsacétine à l'acide anilarsinique (IV), dont l'atoxyl est le sel de sodium, se fait par saponification au moyen de la soude très diluée, comme d'ordinaire.



A partir de l'acide anilarsinique ainsi obtenu, nous avons préparé le salvarsan radioactif (VII), par la suite des réactions suivantes : *a.* diazotation de l'acide anilarsinique, et chauffage du diazoïque à l'acide *p*-hydroxyphénylarsinique (V); *b.* nitration de celui-ci en acide 3-nitro 4-hydroxyphénylarsinique (VI), selon les indications de Benda et Bertheim; *c.* réduction directe de celui-ci en salvarsan (3.3'-diamino-4.4'-dihydroxyarsénobenzène) (VII), au moyen de

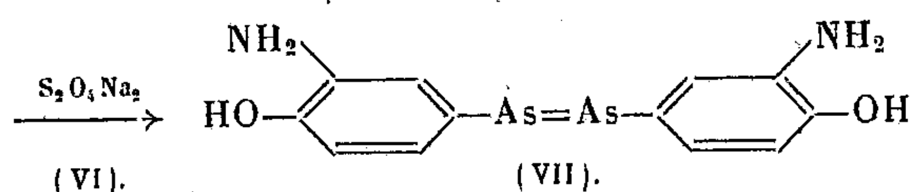
([3]) De la lewisite marquée au moyen d'As^{74} a été préparée par Axelrod et Hamilton (*Am. J. Pathol.*, 23, 1947, p. 389), qui en ont étudié la distribution dans les tissus.

([4]) O. Seide und J. Gorski, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 2186.

([5]) R. Caussé, Buu-Hoï, I. Gondet et Ng. Hoan, *C. R. Soc. Biol.*, Janvier 1949.

([6]) Scheller, *Brevet anglais*, n° 261 026, 1925.

l'hydrosulfite de sodium ([7]).



Le rendement en salvarsan, calculé à partir du trichlorure de radioarsenic, est d'environ 25 %, et la synthèse dure près d'une journée. Une méthode plus rapide consisterait dans la préparation directe de l'acide 3-nitro-4-hydroxy-phénylarsinique (VI) à partir du 2-nitro-4-aminophénol et du trichlorure d'arsenic, par la méthode de Bart-Scheller.

Les résultats des expériences biologiques envisagées avec les substances marquées qui viennent d'être indiquées seront rapportées ultérieurement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Ribonucléoprotéines de l'épithélioma atypique du Rat.* Note de Mme **Yvonne Khouvine** et Mlle **Marie-Louise Lévy-Boris**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons extrait des ribonucléoprotéines de l'épithélioma atypique du Rat, non seulement pour connaître leur constitution, mais aussi avec l'intention de les comparer avec des nucléoprotéines de divers tissus normaux ou cancéreux.

Les animaux sont greffés avec la souche de Guérin (Institut du Cancer de Villejuif) et, après 3-4 semaines, tués par décapitation. Les tumeurs sont recueillies dans des boîtes de Pétri reposant sur un mélange réfrigérant (— 5° — 8°) et le tissu cancéreux est séparé du tissu nécrosé. On conserve les tissus à — 10° jusqu'à ce qu'on en ait une quantité suffisante pour faire toutes les opérations.

Sachant par une étude préalable ([1]) que la nécrose est caractérisée par la disparition de l'acide ribonucléique, nous n'avons traité que le tissu cancéreux non nécrosé.

Le tissu est broyé quelques minutes dans le Waring blendor, avec deux volumes de NaCl 0,14 M glacé. On laisse 18-24 heures à la glacière, on centrifuge 20 minutes à 13000 t/min à 0°. (Toutes les opérations sont faites à des températures ne dépassant pas + 5° et toutes les centrifugations dans des centrifugeurs refroidis ou dans des chambres froides). Le liquide clair est débarrassé de la couche graisseuse par filtration sur Büchner. On fait une deuxième extraction avec un volume de NaCl 0,14 M. On réunit les solutions et

([7]) A. Bertheim, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **41**, 1908, 1856; L. Benda und A. Bertheim, *Ber. dtsch. chem. Ger.*, **44**, 1911, p. 3445, 3451.

([1]) Y. Khouvine, *Helv. chim. Acta*, **29**, 1946, p. 1349.

l'on précipite à pH 4,5 par addition de CH_3COOH à 50 %. On centrifuge 40 minutes à 13000 t/min. La précipitation est totale.

On purifie cette nucléoprotéine brute par trois épuisements avec 2-3 fois son volume de CO_3NaH à 1 °/₀₀ (pH 7-8), en agitant mécaniquement. On centrifuge 15 minutes à 13000 t/min et l'on obtient une solution claire A.

Le résidu est de nouveau traité par CO_3NaH à 1 °/₀₀ (1 volume). Pour avoir une solution claire, B, il faut, cette fois, centrifuger à 16000 t/min pendant un quart d'heure.

Au-dessus du culot se trouve une zone de liquide trouble qui donne une réaction de Bial fortement positive, mais que nous n'avons pas encore étudiée.

On peut considérer que l'extraction A est moins alcaline que l'extraction B, une partie du CO_3NaH neutralisant l'acide qui reste sur le précipité.

Les liquides A et B sont additionnés de CH_3COOH à 50 % et l'on précipite A à pH 6 et B à pH 3,5. On fait une troisième dissolution et une troisième précipitation en remarquant que les liquides contiennent du phosphore minéral qui provient, selon toute vraisemblance, d'une action diastasique. A ce stade les rapports N/P sont : 11 pour A et 10,6 pour B. Après une nouvelle purification, ils deviennent 10,5 pour A et 6,8 pour B, par perte légère d'azote et, surtout pour B, par perte de phosphore, l'azote purique et le ribose étant tous les deux faibles par rapport à P.

Après la quatrième précipitation, nous avons voulu séparer l'acide ribonucléique des protéines en épuisant le précipité non séché par HCl 0,2 N, deux fois, pendant 24 heures à froid. Après centrifugation, on ajoute au liquide clair quelques gouttes de NaOH à 10 %, puis NaOH 0,2 N jusqu'à pH 5. Les précipités sont, deux fois encore, redissous par HCl et reprécipités par NaOH. On obtient finalement, à partir de A, 244^{mg} de substance sèche contenant 0,69 % de P et 15,65 % de N et, à partir de B, 42^{mg} contenant 0,03 % de P et 14,65 % de N, pour 226^{g} de tissu cancéreux frais. Ces deux fractions sont des protéines, l'une d'elles contenant encore un peu de phosphore.

Les résidus A et B, insolubles dans HCl 0,2 N, ont été traités par NaCl à 10 % à 60° pendant 8 heures pour en extraire l'acide ribonucléique. Après centrifugation d'une partie insoluble, les liquides sont additionnés de HCl et d'alcool. Le précipité acide ribo A contient 6,5 % de P, 11,0 % de N, soit N/P = 1,69. Le précipité acide ribo B contient 7,0 % de P, 11,78 % de N, soit N/P = 1,68. Si les rapports N/P sont théoriques, les taux de N et de P sont très faibles. 18^{mg} d'acide B ont été dialysés dans un sac de cellophane, en suspension dans l'eau d'abord contre HCl 0,2 N, puis contre de l'eau distillée. L'eau du sac est devenue opalescente et il n'est resté sur 18^{mg}, que 2^{mg} d'un produit contenant, après dessiccation à 60° dans un vide de $0^{mm},1$ de Hg, 5,15 % de P, 12,5 % de N, soit N/P = 2,43. Le liquide du sac contient 265^{γ} de P, 565^{γ} de N (N/P = 2,13). L'eau de dialyse n'a pu être analysée. Si les 18^{mg} d'acide ne contiennent pas d'impuretés, il semble que des nucléotides

pyrimidiques se détachent d'un polynucléotide, laissant des nucléotides puriques plus ou moins condensés.

Les eaux-mères du précipité acide ribo B ayant un rapport N/P = 1,55, nous les avons étudiées par la méthode de Kerr. Nous y avons trouvé des nucléotides et des nucléosides dont la présence ne peut s'expliquer que par leur détachement sous l'action des réactifs. Les rapports N purique/N total et N purique/N pyrimidique sont très voisins de ceux de l'acide ribonucléique de levure.

Quant aux résidus d'extraction par NaCl, nous les avons dissous dans NaOH 0,2N et précipités par HCl 0,2N deux fois de suite. A ne donne que 49^{mg} de protéine (N = 15,95 %; P = 0) et B en donne 414^{mg} (N = 14,93 %, P = 0,15 %). Nous ferons remarquer que l'extraction la moins alcaline pour obtenir la nucléoprotéine donne surtout une protéine soluble dans HCl, tandis que l'extraction la plus alcaline donne surtout une protéine soluble dans NaOH, chacune entraînant un peu de l'autre.

En résumé, nous avons extrait du tissu cancéreux de l'épithélioma atypique du Rat deux groupes de ribonucléoprotéines, dont l'acide ribonucléique, s'il a en phosphore et en azote la composition pondérale de l'acide de la levure, est particulièrement labile. Il en diffère, vraisemblablement aussi, par le mode et le degré de polymérisation. Quant aux protéines, dont l'une est soluble dans HCl 0,2 N et l'autre dans NaOH 0,2 N, les premières analyses montrent qu'elles sont surtout riches en acides aspartique et glutamique. On y trouve aussi de l'alanine, de la leucine et du glycocolle.

BIOCHIMIE. — *Sur la* Streptomycinase *entérococcique*. Note (*) de Mme **Françoise Grumbach** et MM. **Boris Rybak** et **François Gros**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Sureau et ses collaborateurs ont signalé récemment [1] l'existence d'une substance qui serait analogue à un enzyme, présente dans les filtrats de cultures d'Entérocoques ou d'un bacille pyocyanique, âgées de 12 jours. Cet *enzyme* aurait la propriété d'inactiver environ 100 unités de Streptomycine (pour $0^{ml},5$ de filtrat dans 5^{ml} de bouillon, culture de 48 heures) et de plus, cet Entérocoque inhiberait la culture d'*Actinomyces griseus*. Or :

1° La Streptomycine, placée en présence de cette *Streptomycinase* et effectivement *inactivée* (technique des dilutions en peptone-glucosée), se retrouve intégralement à toutes les concentrations si l'on effectue les dosages par la technique en plaques de gélose. La Streptomycine n'est donc pas détruite

(*) Séance du 28 février 1949.

[1] B. Sureau, E. Arquié, F. Boyer et M. Saviard, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 96; *Ann. Inst. Past.*, 75, 1948, p. 169.

comme la Pénicilline par la Pénicillinase. On ne saurait donc considérer la *Streptomycinase* comme un enzyme.

2. On sait que, d'une part, la streptomycine forme des composés insolubles particulièrement avec les acides nucléiques ou les nucléoprotéines ([2]), ([3]), ([4]) et que, d'autre part, l'autolyse bactérienne est une des techniques d'obtention des nucléoprotéines ([5]); or dans une culture de 12 jours le nombre des germes morts libérant leurs nucléoprotéines est assez considérable, c'est pourquoi nous les avons recherchées dans les filtrats de l'entérocoque utilisé par Sureau et ses collaborateurs. Par précipitation acétique à pH 3,5, nous avons obtenu une nucléoprotéine dont nous n'avons pas effectué la purification (N total 14,23 % ; P total 1 %; ribose ([6]) 2,6 %) qui, remise en solution à pH 7 dans l'eau bidistillée, a formé un complexe insoluble avec de la streptomycine. De plus, cette nucléoprotéine remise en solution dans le bouillon peptone glucosé de façon à obtenir une concentration en nucléoprotéine égale à celle du filtrat initial, redonnait une inactivation de la streptomycine identique à celle du filtrat originel. Nous avons contrôlé d'ailleurs qu'une solution d'acide ribonucléique de levure (Byla) à pH 7, aux concentrations de 1 à 10 γ/ml, produisait une inhibition de l'action de la streptomycine tout à fait comparable à celle qu'on obtient avec la nucléoprotéine de l'entérocoque.

3° Le filtrat débarrassé de la nucléoprotéine par l'acide acétique et ramené à pH 7 par le soude, s'est montré aussi actif, voire même plus actif que le filtrat non traité. Ce fait doit être rapproché des résultats de Gros et Rybak ([4]) selon lesquels les sels neutres dissolvent particulièrement les complexes streptomycine-acide nucléique, l'acétate de sodium s'étant montré entre autres un bon solvant. On conçoit que la forte concentration de ce sel présente dans le filtrat traité neutralisé inhibe l'action de la Streptomycine.

A l'appui de cela nous avons étudié l'action de différents sels sur l'activité de la Streptomycine, sur *Staphylococcus aureus* L. Les résultats cadrent remarquablement avec ceux de l'étude chimique ([4]).

Voir par exemple les résultats de l'action de quelques sels dans le tableau de la page suivante.

Notons que le borate seul, à forte concentration (N/10) est antibactérien mais ne l'est plus aux concentrations N/1000, N/10000 utilisées. D'autre part, à la concentration N/100, le borate favorise au contraire légèrement l'action de la streptomycine.

([2]) S. S. COHEN; *J. Biol. Chem.* 168, 1947, p. 511.
([3]) MASSART et Coll., *Experientia*, 3, 1947, p. 288, 289, 494.
([4]) *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1853.
([5]) R. VENDRELY, *Experientia*, 111, 1947, p. 196.
([6]) *Technique de Mejbaum.* La valeur donnée est celle des résultats bruts. Elle correspond donc à environ la moitié du ribose total.

Sels.	Concentration.	Nombre d'unités de Streptomycine permettant la culture du Staphylocoque.
Citrate de Na...........	N/10	300
Acétate »	N/10	100
Chlorure »	N/10	80
Borate »	N/1000, N/10000	100
Milieu de Belmont (7)......	–	150
Témoin sans sels	–	40

(Culture dans 5^{ml} de peptone glucosée, lecture des résultats au bout de 48 heures. Ensemencement *Staphylococcus aureus*, culture de 24 heures, dilution finale 10^{-4}.)

4. D'autre part, comme l'ont constaté Sureau et ses collaborateurs, l'Entérocoque empêche en effet la culture d'*Actinomyces griseus* en milieu de Belmont; mais nous avons pu constater que le pH de ces milieux tombait brusquement de pH 6,8 à pH 4 en 24 heures ou moins, en présence de l'Entérocoque. Placés conjointement dans un milieu sans glucose (bouillon ordinaire) l'Entérocoque et l'Actinomyces se développent tous les deux et le pH reste aux environ de 7. D'autres germes ont été essayés à la place de l'Entérocoque (1 colibacille et 1 staphylocoque) et nous avons observé les mêmes faits : empêchement de la culture d'Actinomyces en milieu de Belmont par abaissement du pH et obtention d'une culture en milieu non glucosé à pH 7. Nous avons essayé de cultiver l'Actinomyces dans un milieu à pH 4 sans glucose et nous avons pu constater qu'il ne se développe pas.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

R. C.

---

(7) Milieu de Belmont : nitrate de soude, 4^g; phosphate monopotassique, 1^g; chlorure de potassium, $0^g,5$; sulfate de magnésie, 5^g; sulfate de fer, $0^g,05$; sulfate de cuivre, $0^g,0175$; acétate de soude, 2^g; citrate de soude, 2^g; glucose, 40^g; extrait de viande, 15^g; eau q. s. p. 1000^{cm^3}.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE FÉVRIER 1949.

Bibliothèque de philosophie scientifique. La sensibilité organique, par MAURICE VERNET. Paris, Flammarion, 1948; 1 vol. 19cm.

L'avenir de la science. L'homme et l'évolution, par ALBERT VANDEL. Paris, Gallimard, 1949; 1 vol. 20cm.

The nuffield provincial hospitals Trust. A Report on the purpose and activities of the Trust 1939-1948. Oxford, University Press, 1949; 1 fasc. 22cm.

Biochimica et Biophysica Acta. Vol. I, 1947. International Journal of Biochemistry and Biophysics. New-York, Elsevier publishing Company; 1 vol. 24cm,5.

Diélectriques solides, par RAYMOND JOUAUST. Paris, Éditions de la *Revue d'Optique*, 1949; 1 fasc. 30cm (présenté par M. A. Cotton).

Protectorat de la République française au Maroc. Gouvernement chérifien. Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts. Production agricole. *L'amélioration du maïs. — Étude préliminaire des sols du périmètre irrigable des srarhna.* Rabat, Service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole, 1948; 2 vol. 24cm.

Le bon jardinier. 151e édition depuis l'année 1755. *Nouvelle encyclopédie horticole*, complètement refondue, rédigée par un groupe de Savants et de Praticiens, sous la direction de PIERRE CHOUARD et EUGÈNE LAUMONNIER. Paris, Librairie agricole, horticole, forestière et ménagère, 1947; 1 vol. 28cm (présenté par M. L. Blaringhem).

Aluminium, n° 1. Budapest, 1949; 1 fasc. 28cm,5.

La vie et l'œuvre d'Edmond Rothé, géophysicien (1873-1942), par GEORGES DUBOIS. Extrait des *Annales de l'Institut de physique du globe de Strasbourg*, nouvelle série, T. IV, 3e partie. Strasbourg, 1948; 1 fasc. 32cm,5.

Études géologiques et géographiques sur le Liban, la Syrie et le Moyen-Orient, par A. BOURGOIN, H. DE CIZANCOURT, W. B. FISH, R. GOMBAULT, J. HALLER, S. H. SHAW, F. E. WELLINGS, R. WETZEL, LOUIS DUBERTRET. Volume publié avec le concours de la DIRECTION GÉNÉRALE DES RELATIONS CULTURELLES, in *Notes et Mémoires*, T. IV. Beyrouth, 1945-1948; 1 vol. 27cm,5 (présenté par M. Em. de Margerie).

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 28 juin 1948.)

Note présentée le même jour, de M. *Nicolas Baganas*, Quelques compléments sur la résolution de l'identité $f_1^2(z) - f_2^2(z)R(z) \equiv 1$:

Page 2116, lignes 24 et 27, *au lieu de* $s = 2p$, *lire* $s = 2p + 2$.

(*Comptes rendus* du 14 février 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Nicolas Baganas*, Sur les algébroïdes exceptionnelles ou quasi-exceptionnelles pour une algébroïde donnée :

Page 533, note (²) au bas de la page, *au lieu de*

$$u = c_s(\xi - y)^{\frac{s}{r}} + c_{s+1}(\xi - y)^{\frac{s+1}{r}} + \ldots + c_{s+n}(\xi + y)^{\frac{s+n}{r}} + \ldots,$$

lire

$$u = c_s(z - \xi)^{\frac{s}{r}} + c_{s+1}(z - \xi)^{\frac{s+1}{r}} + \ldots + c_{s+n}(z - \xi)^{\frac{s+n}{r}} + \ldots.$$

(*Comptes rendus* du 14 février 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Charles Dhéré*, Sur une remarquable réaction colorée de l'Ergostérol décrite par Charles Tanret :

Page 605, note (⁵), au bas de la page, au lieu de *Comptes rendus*, lire *Comptes rendus de la Société de Biologie*.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 MARS 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur M. JULES DRACH, Membre de la Section de Mécanique, par M. **GASTON JULIA**.

Jules Drach, né à Sainte-Marie-aux-Mines le 13 mars 1871, est décédé à Cavalaire (Var) dans la nuit du 7 au 8 mars dernier Il était membre de notre Section de Mécanique depuis le 10 juin 1929.

Si depuis 1940 il avait été assez souvent absent de nos séances, nos confrères se souviendront par contre fort bien de son activité aux séances de la période antérieure. Il partageait alors son temps entre son enseignement de la Sorbonne et sa propriété de Cavalaire, où il trouvait l'emploi d'une activité toujours en éveil et qu'il appliquait aux problèmes abstraits des Mathématiques comme aux problèmes les plus concrets de la vie quotidienne. Il se fixa à Cavalaire après sa retraite, mais continua d'envoyer régulièrement à nos *Comptes rendus* des Notes, dont la dernière est du 19 mai 1948.

Sa carrière avait été heureuse. Admis à l'École Normale supérieure en 1889, docteur ès sciences en 1898, maître de conférences à Clermont et Lille, professeur à Poitiers puis à Toulouse, il arrivait à la Sorbonne en 1913 et il y occupa finalement les chaires de Mécanique analytique puis d'Analyse supérieure avec la distinction que l'on sait. Puis il fut atteint d'une affection des cordes vocales et il dut se soumettre à un traitement fort douloureux qu'il supporta avec un courage souriant. Il triompha du mal, il poursuivit son enseignement et ses recherches avec une admirable ténacité, et c'est peut-être cette qualité qui caractérise le mieux l'activité de notre Confrère.

Ses travaux sont en effet dominés par une idée fondamentale, poursuivie obstinément malgré tous les obstacles : étendre aux problèmes les plus généraux de la Mathématique la théorie célèbre de Galois et l'idée essentielle de groupe de rationalité. Il s'attaqua ainsi au problème de la réductibitité d'un système d'équations différentielles d'ordre quelconque à une variable

indépendante : définition et caractères de la réductibilité, détermination des opérations qu'exige l'intégration.

Dès 1897, il donnait de l'*irréductibilité* une définition absolument générale et irréprochable, et dès 1898 il entrevoyait le théorème fondamental qui domine la réductibilité : parmi tous les systèmes réduits, il en est toujours qui sont *automorphes*, c'est-à-dire dont l'intégrale générale se déduit d'une intégrale particulière par les transformations d'un groupe; ces systèmes sont les plus simples de tous. Mais entraîné par l'analogie avec les équations algébriques ordinaires et par l'exposé remarquablement logique de la théorie de Galois qu'il avait construit dans ce cas, Drach donna du théorème un énoncé et une démonstration présentant quelques lacunes. Notre Confrère Vessiot, approfondissant à son tour les problèmes posés et étudiés par Drach, donnait en 1902 du théorème fondamental un énoncé et une démonstration parfaitement satisfaisants. Drach, de son côté, ne cessait d'approfondir la théorie qu'il avait conçue et d'en poursuivre les conséquences, constituant ainsi une doctrine d'une grande puissance qui fait honneur à la Science française. Elle conduit naturellement et par une sorte de classification, à tous les cas spéciaux envisagés, avant Drach, par Sophus Lie, Émile Picard et Ernest Vessiot. Ses résultats ont un caractère absolu. Elle a permis à Drach, notamment, de déterminer par quadratures les lignes de courbure de la surface des ondes, les lignes asymptotiques des surfaces du troisième ordre, de déterminer tous les cas où l'équation de la balistique est intégrable, etc. Une équation irréductible au sens de Drach n'est intégrable par aucun procédé d'intégration formelle. Le caractère hardi et paradoxal d'une telle affirmation suffit à faire comprendre la généralité et la portée de cette moderne doctrine de la réductibilité.

Nombreuses sont les autres questions de Géométrie et de Mécanique que Drach étudia avec succès; mais si intéressantes qu'elles soient, on peut dire, avec Painlevé que : « Ce qui domine son œuvre, c'est la théorie géniale et hardie dont il est l'initiateur et dont il a lui-même, par des applications, poussées jusqu'au terme, montré la fécondité. »

L'Académie adresse à sa veuve et son fils toutes ses condoléances.

GÉODÉSIE. — *Déterminations de la pesanteur en Corse.*

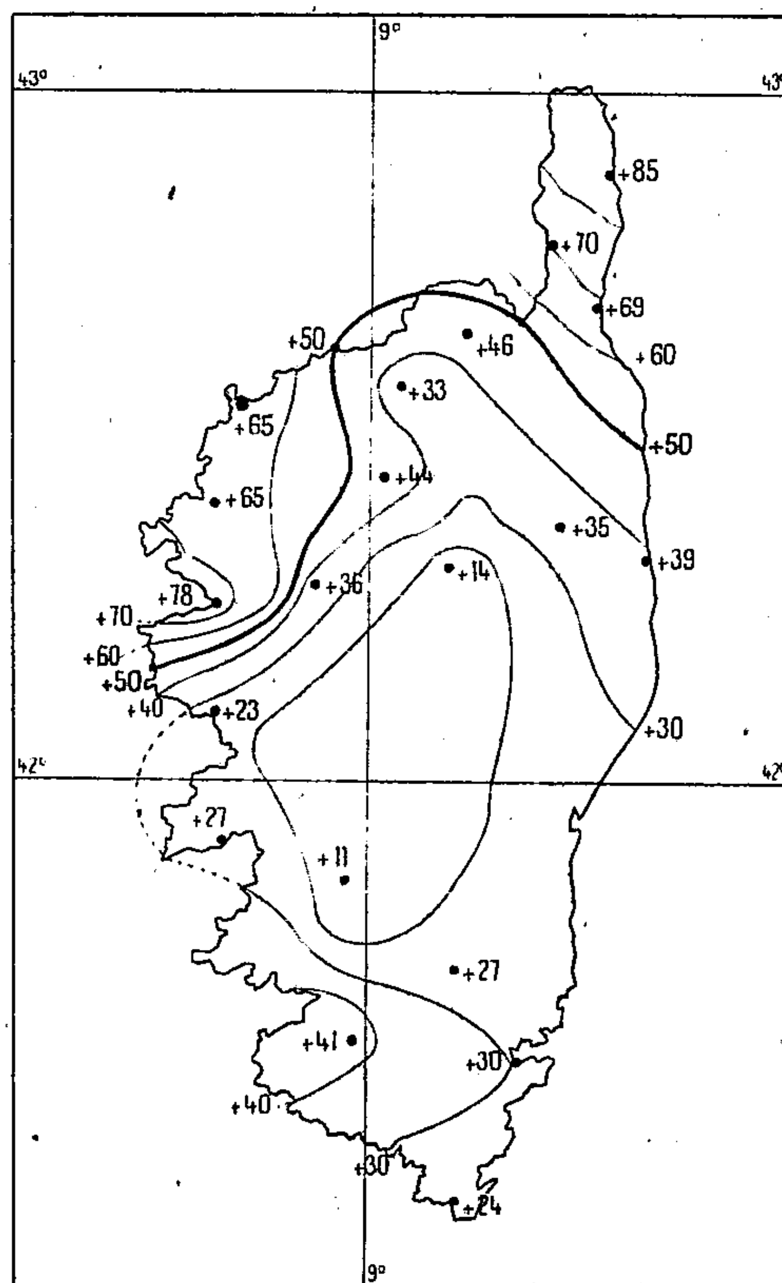
Note (*) de M. **Pierre Lejay.**

Nous avons, au cours de notre campagne gravimétrique de 1947 du 20 au 30 août, établi un premier réseau de stations gravimétriques espacées d'environ 15^{km}, couvrant toute la Corse. Nous espérions pouvoir ainsi mettre en lumière les grandes lignes du champ gravimétrique; en réalité les ano-

(*) Séance du 7 mars 1949.

malies sont telles qu'une densité de stations beaucoup plus grande serait nécessaire pour permettre des interprétations sûres. Il est visible, sur la carte ci-jointe, qu'en plusieurs régions l'absence d'une seule station suffirait à modifier l'allure des courbes tracées; il apparaît aussi que si une erreur accidentelle s'est glissée dans les observations, elle ne peut être décelée comme il arrive ordinairement, par la continuité des valeurs voisines. La carte présentée est donc sujette à révision.

L'exactitude des valeurs dans leur ensemble est garantie par l'excellent



Anomalies de Bouguer corrigées pour le relief.

accord de nos valeurs au départ de Bordeaux et au retour, ainsi que par les valeurs de contrôle obtenues à Saint-Tropez avant et après la campagne. Les transports par train et par bateau n'ont pas affecté les pendules La valeur de base est celle de Bordeaux observatoire : $g = 980,570^{\text{gals}}$.

Sur toute l'étendue de l'île, les anomalies de Bouguer, corrigées pour le relief, $g'_0 - \gamma'_0$, sont fortement positives; elles atteignent des valeurs considérables en certains points de la côte Est et au Nord (+ 78 à Porto; + 85 sur la côte ouest du Cap Corse) et sont, en général, beaucoup plus faibles au centre des massifs montagneux, s'abaissant jusqu'à + 11 à Grossetto. L'influence d'une compensation isostatique des fosses méditerranéennes et des massifs gra-

nitiques du centre de l'île est évidente. Mais il apparaît nettement que la réduction isostatique ne pourrait annuler les anomalies et qu'il restera après réduction de très forts gradients, en particulier le long de la côte Ouest, entre Porto et Sagone, au nord d'Ajaccio. On remarque que les plus faibles anomalies ne correspondent nullement aux plus hautes altitudes, puisqu'on trouve encore + 36 à Popaja, à 1074^m d'altitude, sur un plateau élevé enserré entre le Monte Rotondo et le Monte Cinto dont les cimes voisines s'élèvent à plus de 2500^m. De fortes influences locales se font sentir; on ne pourra les préciser que sur les anomalies isostatiques en cours de calcul et lorsqu'un réseau plus serré aura pu être établi.

	Station.	Longitude. ° ′	Latitude. ° ′	Altitude. m	g. gals	g_0. gals	g'_0. gals	γ'_0. gals	$g_0-\gamma'_0$. gals	$g'_0-\gamma'_0$. gals
	Bordeaux	0.31,3 O. G.	44.50,7	71	980,570	980,592	980,584	980,615	− 23	−31
98	Saint-Tropez	6.43,1 E. G.	43.15,9	30	504	514	514	473	+ 41	+41
99	Calvi	8.45,5	42.34,0	3	469	469	475	410	+ 59	+65
100	Col de Santo-Columbano.	9.04,5	34,7	652	308	509	445	411	+ 98	+34
101	Corte	9.09,2	18,3	420	311	440	400	386	+ 54	+14
102	Popaja	8.55,7	17,3	1074	199	530	421	385	+145	+36
103	Porto	8.42,6	15,6	40	(428)	441	461	383	+ 58	+78
104	Galeria	8.41,0	24,8	17	450	456	462	396	+ 60	+65
105	Sagone	8.42,2	06,6	4	385	386	392	369	+ 17	+23
106	Ajaccio	8.43,7	41.55,0	23	369	376	379	352	+ 25	+27
107	Grosseto	8.57,9	52,2	445	266	403	358	347	+ 56	+11
108	Sartène	8.58,4	37,2	308	300	395	366	325	+ 70	+41
109	Bonifacio	9.09,3	23,2	68	310	330	328	304	+ 26	+24
110	Porto Vecchio	9.17,0	35,3	2	350	351	353	322	+ 29	+31
111	Zonza	9.10,0	44,6	741	212	441	363	336	+105	+27
112	Ile Rousse	8.56,2	42.38,5	1	462	463	466	417	+ 46	+50
113	Fontaine de Baccialu	9.11,0	39,1	332	391	494	464	418	+ 76	+46
114	Nonza	9.20,7	47,1	137	462	505	500	430	+ 75	+70
115	Santa-Serrera	9.28,5	53,2	6	520	522	524	439	+ 83	+85
116	Bastia	9.26,9	42,1	14	485	489	491	422	+ 67	+69
117	Prunete-Cervione	9.32,5	19,1	10	422	426	427	388	+ 38	+39
118	Piedicroce	9.22,2	22,5	615	298	488	428	393	+ 95	+35
119	Asco	9.02,0	27,2	600	305	491	444	400	+ 91	+44
120	Col de Santo-Columbano.	9.04,5	34,7	652	307	508	444	411	+ 97	+33
121	Saint-Tropez	6.43,1	43.15,9	30	504	514	514	473	+ 41	+41
	Bordeaux	0.31,3 O. G.	44.50,7	71	570	592	584	615	− 23	−31

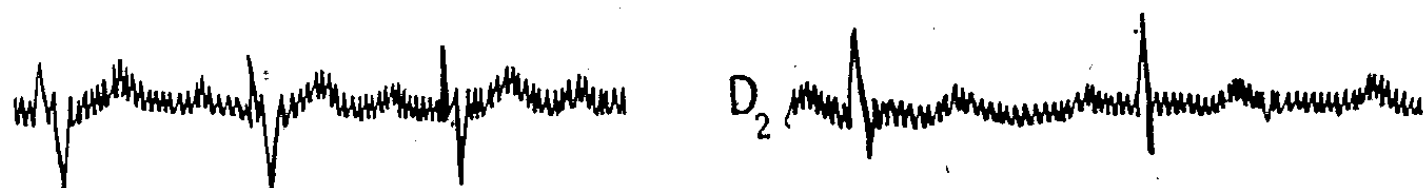
MÉDECINE. — *De l'action de l'héparine sur les séquelles de l'infarctus du myocarde.* Note (*) de MM. **Léon Binet, Pierre Tanret** et **Pierre Dejours.**

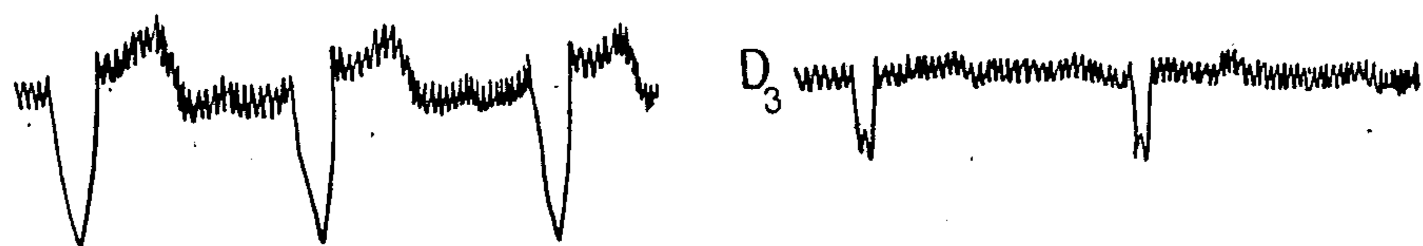
La pathogénie de l'infarctus du myocarde reste encore discutée et sans doute n'est pas univoque. L'anoxie locale semble toutefois y jouer un grand rôle, et, pour l'avenir, la valeur fonctionnelle du myocarde paraît surtout dépendre des processus de revascularisation locale : dans les cas défavorables une insuffisance cardiaque irréductible, de grosses anomalies de l'electrocar-

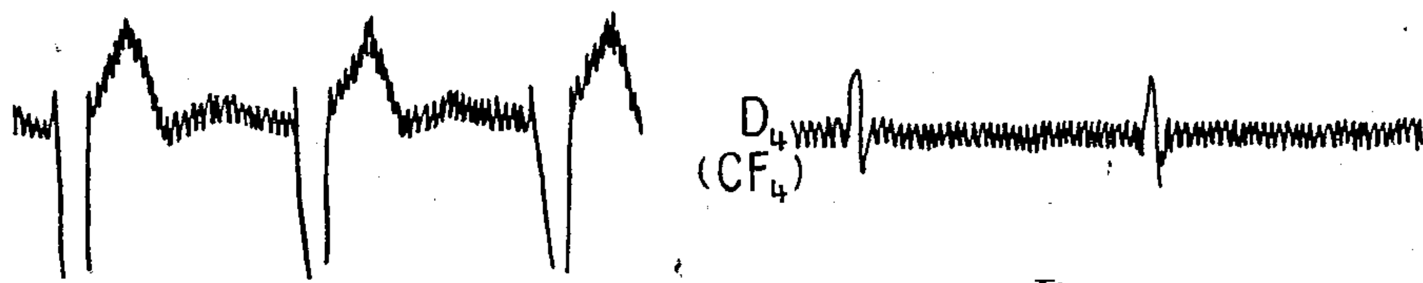
(*) Séance du 28 février 1949.

diogramme semblent bien indiquer le défaut permanent de l'hématose myocardique. Il y a là, en tous cas, un contraste frappant avec l'évolution régressive des troubles du rythme et des troubles électrocardiologiques que l'on observe expérimentalement dans l'anoxie aiguë et qui disparaissent si aisément lorsque l'animal est remis sous une tension normale d'oxygène, ainsi que l'un de nous

D_1







Électrocardiogramme avant (I) et après (II) administration d'héparine, en différentes dérivations : D_1, D_2, D_3, D_4.

l'a établi avec M. V. Strumza et J. Ordonez dans une série de travaux qui s'échelonnent depuis 1936. Continuant ces recherches, nous nous sommes demandé si les substances anti-coagulantes, et plus particulièrement l'héparine qui suscite actuellement un si vif intérêt dans le traitement des thromboses, ne seraient pas capables, en améliorant les conditions circulatoires locales, d'atténuer les conséquences de l'anoxie, séquelles de l'infractus. Dans cet ensemble d'investigations, l'observation suivante nous paraît avoir la valeur d'une expérience.

Mme C..., 45 ans, hypertendue de longue date, est atteinte le 14 novembre 1948, d'une crise typique d'infarctus du myocarde, suivie d'œdème aigu du poumon. Depuis lors, s'est installée chez elle une insuffisance ventriculaire gauche sévère, avec crises angineuses ou dyspnéiques au moindre effort. Deux nouvelles crises d'œdème aigu sont survenues. Lors de son admission à l'hôpital Necker, le 19 janvier 1949, le pouls bat à 110, il existe un bruit de galop gauche protosystolique. Les bases sont encombrées de râles crépitants. L'électrocardiogramme montre un aspect typique d'asynchronisme ventriculaire. Le pied de l'onde rapide a 11/100 de seconde. Il paraît donc exister une altération septale par infarctus. Malgré un traitement tonicardiaque, la malade reste facilement dyspnéique ; le bruit de galop est inchangé. C'est alors qu'elle reçoit pendant sept jours, chaque jour, matin et soir, par voie intraveineuse, 50mg d'héparine. Après ce nouveau traitement, la malade se sent beaucoup mieux. Les douleurs angineuses, la dyspnée ont cédé. Le bruit de galop a disparu. Le pouls bat à 84. Sur le tracé électrocardiographique du 14 février 1949, déviation gauche de l'axe électrique : l'onde rapide, dont le pied a 5/100 de seconde, a repris dans les quatre dérivations un aspect normal. Décalage inférieur de ST_1 avec aspect diphasique de T_1. Léger décalage de ST_2. En quatrième dérivation (CF_4), aplatissement complet de l'onde T. Il s'agit donc bien de troubles dans le territoire coronarien gauche.

En définitive, l'amélioration clinique s'est accompagnée d'une amélioration électrocardiologique tout aussi surprenante, puisque le trouble de la conduction a complètement disparu et qu'il ne persiste plus que des altérations mineures de type coronarien gauche. Cette évolution qui serait banale dans les suites rapprochées d'un infarctus myocardique relativement bénin, nous paraît remarquable dans le cas d'un infarctus déjà ancien, ayant laissé en séquelle des troubles aussi graves : troubles dans lesquels l'héparine, jouant sur la reperméabilisation des territoires ischémiés, semble avoir agi directement sur l'hématose du myocarde comme l'oxygène sur le cœur des animaux anoxiques.

M. **Raoul Combes** dépose sur le Bureau une *Notice* sur la vie et l'œuvre de son prédécesseur, Pierre-Augustin Dangeard, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

M. **Gustave Ribaud** fait hommage d'un Ouvrage de M. Pierre Vernotte intitulé *Thermocinétique*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Auguste Lumière** fait hommage d'un Ouvrage qu'il vient de publier, intitulé *La Maladie, cette grande inconnue*.

Mlle **Simone De Wildeman** fait hommage de deux fascicules des *Mémoires* de l'Institut Colonial belge contenant deux Mémoires de son Père, **Émile De**

WILDEMAN, en collaboration avec M. L. PYNAERT : *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale.* XIV. *Sur des représentants des genres.:* Alangium, Anacardium, Semecarpus, Boerhaavia, Brucea, Bryophyllum, Calotropis, Carpolobia, Commiphora, Diospyros, Dipterocarpus, Calophyllum, Clusia, Symphonia, Lophira, Parinarium. XV. *Sur des espèces des genres :* Adenia, Anagallis, Cedrus, Celastrus, Cyathula, Dieffenbachia, Bambusa, Eleusine, Icica, Leonotis, Abutilon, Hibiscus, Phytolacca, Psorospermum, Rhizophora, Striga *et* Treculia.

ELECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, Sir CHANDRASEKHARA VENKATA RAMAN est élu Correspondant pour la Section de Physique générale.

CORRESPONDANCE.

M. FREDERICK J. M. STRATTON, Secrétaire général du CONSEIL INTERNATIONAL DES UNIONS SCIENTIFIQUES, annonce la prochaine réunion de ce Conseil qui se tiendra à Copenhague, les 14, 15 et 16 septembre 1949, et invite l'Académie à s'y faire représenter.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

LÉON ROSENFELD. *Nuclear Forces.* Fasc. I (présenté par M. Frédéric Joliot).

ALGÈBRE. — *Sur les corps cubiques à discriminants négatifs.* Note de M. HENRI DAVENPORT, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit K un corps algébrique. On dit que l'algorithme d'Euclide vaut pour le corps K si, pour tout nombre λ de K, il y a un entier ξ de K tel que

$$|N(\xi-\lambda)|<1,$$

où N désigne la norme. J'ai donné récemment [1] une nouvelle démonstration du fait, déjà connu, que cet algorithme ne vaut que pour un nombre fini de corps quadratiques. La méthode est susceptible d'extension aux corps cubiques à discriminants négatifs, c'est-à-dire, aux corps engendrés par des irrationalités cubiques réelles dont les conjuguées algébriques sont complexes.

Soient donc K un tel corps à discriminant $d<0$, et α, β, γ une base pour

---

[1] *Proc. London Math. Soc.* (sous presse). *Voir* aussi *Quarterly J. of Math.* (sous presse).

les entiers de K. L'entier général de K est

$$\xi = \alpha u + \beta v + \gamma w,$$

où u, v, w parcourent tous les entiers rationnels. Désignons par ξ', ξ'' les conjugués algébriques de ξ, dans un ordre fixe; ξ' est complexe et ξ'' est son complexe conjugué. Je démontre qu'il existe un nombre λ de K, tel que

$$|N(\xi - \lambda)| > c\sqrt{(-d)},$$

pour tous les entiers ξ de K, où c est une constante absolue positive. Il s'ensuit que l'algorithme d'Euclide ne peut subsister si $-d > c^{-2}$.

Désignons par

$$\Xi = AU + BV + \Gamma W, \quad \ldots$$

les formes adjointes (divisées par i) du système des formes linéaires ξ, ξ', ξ'', après division. Alors Ξ est une forme à coefficients réels, Ξ' est une forme à coefficients complexes, et Ξ'' est la forme complexe conjuguée de Ξ'. La méthode repose sur la *réduction continuelle*, notion si féconde introduite dans la théorie des nombres par Hermite. Pour chaque $R > 0$, la forme positive ternaire

$$R^2\Xi^2 + 4R^{-1}|\Xi'|^2,$$

à déterminant $4(-d)^{-1}$ se laisse réduire par une substitution unimodulaire appliquée aux variables U, V, W. Soit $C > 1$. Je démontre qu'on peut choisir une suite de ces substitutions, une pour chaque entier k, substitutions qui transforment les formes Ξ, Ξ', Ξ'' en $A_k U + B_k V + \Gamma_k W$, etc., de telle sorte que

$$|A_k| \geqq C|A_{k+1}|, \qquad |A'_{k+1}| \geqq C|A'_k|,$$
$$|A_k|.|A'_{k+1}|^2 < C^6(-d)^{-\frac{1}{2}};$$

et en outre telles que (pour un certain $j > 0$)

$$A_k = \omega A_{k+j}, \qquad B_k = \omega B_{k+j}, \qquad \Gamma_k = \omega \Gamma_{k+j},$$

où ω est un nombre de K pour lequel $\omega > 1$, $\omega\omega'\omega'' = 1$.

Ayant constaté ceci, désignons par $\alpha_k u + \beta_k v + \gamma_k w$, ..., les formes (multipliées par i) adjointes aux formes $A_k U + B_k V + \Gamma_k W$, ... On peut montrer que

$$\alpha_{k+j} = \omega\alpha_k \qquad \beta_{k+j} = \omega\beta_k, \qquad \gamma_{k+j} = \omega\gamma_k.$$

Nous avons à construire un nombre λ_0 de K tel que

$$|(\alpha_0 u + \beta_0 v + \gamma_0 w + \lambda_0)(\alpha'_0 u + \beta'_0 v + \gamma'_0 w + \lambda'_0)(\ldots)| > c N \in d)$$

pour tous les entiers rationnels u, v, w. Cela s'accomplit au moyen de la définition

$$\lambda_0 = \sum_{r=-\infty}^{0} (p_r \beta_r + q_r \gamma_r),$$

pourvu que C soit suffisamment grand. Ici, p_r et q_r sont des entiers rationnels convenablement définis, admettant aussi la période j, ce qui assure que λ_0 est un nombre de K.

Les démonstrations paraîtront dans les *Acta Mathematica*.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la représentation linéaire des groupes de Lie intégrables*. Note (*) de M. **Georges Vranceanu**, présentée par M. Élie Cartan.

En 1934, T. Ado a montré que tout groupe de Lie fini et continu est isomorphe holoédrique d'un groupe linéaire. En 1938, M. É. Cartan ([1]) a donné une démonstration nouvelle de ce théorème, en montrant que les groupes des paramètres des groupes de Lie intégrables peuvent s'écrire sous la forme

$$(1)\qquad x'^i = p^i_\alpha(a) X^\alpha(x) \qquad (i=1, 2, \ldots, r;\ \alpha = 1, 2, \ldots, N)$$

et que ces groupes ont une représentation linéaire globale fournie par les fonctions (polynomes) X^α. On peut donc se poser le problème de préciser le nombre $N-r$, que je dirai la classe du groupe $\mathcal{G}_r$. Relativement à ce problème, on peut énoncer les théorèmes suivants :

I. *Étant donné un groupe $\mathcal{G}_r$ intégrable dont les équations de structure sont écrites sous la forme*

$$(2)\qquad \begin{cases} \Delta s^h = c^h_{\alpha\beta}\, ds^\alpha\, ds^\beta & (\alpha < \beta \leq h = 1, 2, \ldots, r), \\ (\Delta = \delta d - d\delta, & ds^\alpha\, ds^\beta = ds^\alpha\, \delta s^\beta - ds^\beta\, \delta s^\alpha), \end{cases}$$

si les $r-1$ quantités (racines de l'équation caractéristique)

$$\lambda_h = c^h_{kh} e^k \qquad (h = 2, 3, \ldots, r)$$

ne sont pas nulles et $\lambda_h + \lambda_k \neq \lambda_l$, la classe de $\mathcal{G}_r$ est égale à l'unité.

Pour la démonstration on part du fait qu'en ce cas on peut s'arranger de façon à donner aux formules (2) la forme canonique de É. Cartan,

$$(3)\qquad \Delta s^1 = 0, \qquad \Delta s^h = \lambda_h\, ds^1\, ds^h + c^h_{1k}\, ds^1\, ds^k \qquad (k < h = 2, \ldots, r),$$

les c^h_{1k} étant nuls si $\lambda_h \neq \lambda_k$. Or on peut prendre comme formes ds^h,

$$(4)\qquad ds^1 = dx^1, \qquad ds^h = e^{-\lambda_h x^1}(dx^h - A^h_2\, dx^2 - \ldots - A^h_{h-1}\, dx^{h-1}),$$

où A sont des polynomes en x^1, un de ces polynomes A^h_k étant nul si $\lambda_h \neq \lambda_k$. Comme le groupe des paramètres doit laisser les formes $ds^1, ds^2, \ldots, ds^r$ invariantes, il s'écrit

$$(5)\qquad x'^1 = x^1 + a^1, \qquad x'^h = e^{\lambda_h a^1} x^h + a^h_k x^k + a^h \qquad (k < h).$$

La représentation linéaire s'obtient donc à l'aide des $n+1$ fonctions $1, x^i$.

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) *Journal de Mathématiques*, 17, 1938, p. 1-12.

II. *Si les quantités* $\lambda_2, \ldots, \lambda_p$ *sont égales à* $\lambda \neq 0$ *et si* $\lambda_{p+1} = 2\lambda$, *la classe du groupe* $\mathcal{G}_{p+1}$ *est en général* $1 + (p-1)(p-2)/2$ *et la représentation linéaire s'obtient à l'aide des fonctions* $1, x^i, x^\alpha x^\beta$ $(\alpha, \beta = 2, \ldots, p-1)$.

III. *Si les quantités* λ *sont toutes nulles, donc si* $\mathcal{G}_r$ *est de rang zéro et s'il a la structure*

$$(6)\quad \Delta s^1 = \Delta s^2 = 0, \qquad \Delta s^3 = ds^1\, ds^2, \qquad \Delta s^4 = ds^1\, ds^3, \qquad \Delta s^h = ds^1\, ds^{h-1} + \varepsilon\, ds^2\, ds^{h-2} \quad (\varepsilon = 1, 0),$$

le groupe est de classe $1 + (r-4)(r+1)/2$ *pour* $\varepsilon = 1$ *et la représentation linéaire s'obtient à l'aide des fonctions* $1, x^i, (x^1)^{r-2}, (x^1)^p (x^2)^q$, *où* $2 \leqq p + q \leqq r-3$ *la valeur* $p = r-4$, $q = 1$ *étant exclue. Si* $\varepsilon = 0$ *la classe est égale à* $r-2$ *et la représentation linéaire s'obtient à l'aide de fonctions* $1, x^i, (x^1)^2, \ldots, (x^1)^{r-2}$.

La classe d'un groupe de Lie intégrable est en relation avec les structures possibles du groupe et ces structures dépendent du tenseur constant du troisième ordre c^h_{kl}. Si le groupe n'est pas de rang zéro, on a utilisé surtout les racines de l'équation caractéristique, ou bien les $r-1$ vecteurs covariants $u^h_k = c^h_{kh}$ $(k < h)$. Dans le cas d'un groupe de rang zéro, on peut utiliser les vecteurs $v^h_k = c^h_{kh-1}$, $w^h_k = c^h_{kh-2}$, ...

J'ai montré que si aucun des $r-2$ vecteurs v^h_k $(k = 3, \ldots, r)$ n'est pas nul, et si r est un nombre impair, on obtient la forme canonique [2]

$$(7)\qquad \Delta s^1 = \Delta s^2 = 0, \qquad \Delta s^h = ds^2\, ds^{h-1} + c^h_{\lambda\mu}\, ds^\lambda\, ds^\mu \qquad (2 \leqq \lambda < \mu,\ \lambda + \mu \leqq h).$$

Si r est pair, $r = 2p$ le dernier covariant Δs^{2p} peut avoir aussi au lieu de (7) la forme

$$(8)\quad \Delta s^{2p} = ds^2\, ds^{2p-1} - ds^3\, ds^{2p-2} + \ldots + (-1)^p\, ds^p\, ds^{p+1} + c^{2p}_{\lambda\mu}\, ds^\lambda\, ds^\mu \qquad (\lambda + \mu < 2p).$$

Cela dit, si un groupe a la structure (7) et si le vecteur $w^5_2 = c^5_{23} \neq 0$, les cœfficients $c^h_{\lambda\mu}$ avec $\lambda + \mu = h$ sont ceux de la forme (6) avec $\varepsilon = 1$ si $r \geqq 12$.

Nous avons le théorème : *Étant donné un groupe* $\mathcal{G}_{2p}$ $(p \geqq 7)$ *à structure* (7), (8) *et avec* $c^5_{23} \neq 0$, *les coefficients* $c^h_{\lambda\mu}$, $c^{2p}_{\lambda\mu}$ *qui peuvent n'être pas nuls, sont donnés par les formules*

$$(9)\quad \begin{cases} c^h_{2\,h-2} = 1, \qquad c^h_{2\,h-s-2} = \rho_s \qquad (s = 2, \ldots, h-5,\ 5 \leqq h < 2p), \\ c^{2p}_{k\,2p-k-2\sigma-1} = (-1)^k a_\sigma \qquad (0 \leqq \sigma \leqq n-3), \\ \rho_{2q} + a_0 \rho_{2q-2} + a_1 \rho_{2q-4} + \ldots + a_{q-2}\rho_2 + a_{q-1} = 0 \qquad (q = 1, 2, \ldots, n-4), \end{cases}$$

où une des quantités ρ_s *non nulle, peut être réduite à l'unité.*

Si $c^5_{23} = 0$, on a pour $c^h_{\lambda\mu} = 0$ $(\lambda + \mu < h)$ la structure (6), avec $\varepsilon = 0$, sauf peut-être pour les trois derniers covariants bilinéaires Δ.

---

[2] Elle correspond en ce qui concerne les coefficients $c_{1\,k-1}^{h}$ au cas de Killing $(a_1 = a_2 = \ldots a_{r-2} = 1)$ (*Math. Annalen*, 31, 1888, p. 287-289). Quant aux $c^h_{\lambda\mu}$, Killing montre que $c^h_{\lambda\mu} = 0$ $(\lambda + \mu > h + 2)$. On voit que ces formules sont vérifiées aussi pour $\lambda + \mu$ égal à $h + 2$, $h + 1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une valeur moyenne de certaines fonctions harmoniques de trois variables.* Note (*) de M. **Heinrich Keller**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Nous désignons par G un domaine non borné dans l'espace des x, y et z en supposant : 1° que la surface Γ de G se compose d'un nombre fini ou infini de morceaux réguliers de manière que toute sphère de rayon fini n'en contient qu'un nombre fini; 2° que la section T_z de G par le plan $z = \text{const.}$ soit contenue, pour une valeur quelconque de z, dans un cercle fini du plan $z = \text{const.}$ Ainsi l'ensemble de points T_z de l'aire $A(z)$ consistera en un nombre fini de domaines connexes et bornés $T_z^{(i)}$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$.

Soit $u(x, y, z)$ une fonction qui satisfait aux conditions suivantes :

A. u est harmonique dans G et continue dans G + Γ sauf au point infini;

B. $u = 0$ dans tout point fini de Γ;

C. Les dérivées partielles du premier ordre de u sont continues dans tout point fini de Γ.

Nous introduisons comme mesure de la croissance de u la valeur moyenne

$$m(z) = \sqrt{\iint_{T_z} u^2\, dx\, dy}. \tag{1}$$

En appliquant une méthode de Carleman ([1]) à l'espace à trois dimensions il est facile à démontrer que $m(z)$ satisfait à l'inégalité différentielle

$$m''(z) \geqq \lambda_0^2(z)\, m(z), \tag{2}$$

où $\lambda_0^2(z)$ désigne la plus petite valeur caractéristique positive de l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial^2 v(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v(x, y)}{\partial y^2} + \lambda^2 v(x, y) = 0 \tag{3}$$

pour le domaine T_z à la condition $v = 0$ sur la frontière de T_z. Si T_z se compose des $T_z^{(i)}$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$, nous désignons par $\lambda_0^{(i)2}(z)$ les valeurs caractéristiques correspondantes; on en prendra la plus petite pour $\lambda_0^2(z)$.

D'après un résultat dû à Lord Rayleigh ([2]), on a

$$\lambda_0^2(z) \geqq \pi \frac{\alpha^2}{A(z)}, \tag{4}$$

où $\alpha = 2{,}404\ldots$ est le plus petit zéro positif de la fonction de Bessel $J_0(r)$. Pour une section T_z circulaire, on a le signe d'égalité dans (4).

(*) Séance du 7 mars 1949.

([1]) Torsten Carleman, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 995-997.

([2]) *The theory of sound.*, I, p. 337-343.

2. Si G fait partie de l'intérieur C d'un cylindre parallèle à l'axe des z

$$\lambda_0^2(z) \geqq k^2 = \frac{\alpha^2}{A},$$

où A désigne l'aire de la section normale de C; on en déduit qu'il existe quatre possibilités pour $m(z)$:

I. $$m(z) \equiv 0,$$

II. $$\lim_{z \to +\infty} e^{-kz} m(z) > 0, \qquad \lim_{z \to -\infty} e^{-kz} m(z) < \infty,$$

III. $$\lim_{z \to +\infty} e^{kz} m(z) < \infty, \qquad \lim_{z \to -\infty} e^{kz} m(z) > 0,$$

IV. $$\lim_{z \to +\infty} e^{-kz} m(z) > 0, \qquad \lim_{z \to -\infty} e^{kz} m(z) > 0.$$

Si G remplit tout l'intérieur C du cylindre, il y a des fonctions u_0 satisfaisant aux conditions (A), (B) et (C), qui vérifient l'équation $m''(z) = \lambda_0^2 m(z)$ au lieu de l'inégalité (2). Elles sont de la forme

$$u_0(x, y, z) = \varphi_0(x, y)[a e^{\lambda_0 z} + b e^{-\lambda_0 z}],$$

φ_0 étant la fonction correspondant à la valeur λ_0^2 et a, b étant des constantes arbitraires.

Un deuxième cas dans lequel des résultats numériques sont obtenus facilement par une intégration élémentaire de l'inégalité (2) est celui, où G fait partie d'un domaine C′ limité par un demi-cône $F(x/z, y/z) = 0$, $z \geqq 0$. Si G s'étend jusqu'au sommet $x = y = z = 0$ du demi-cône, nous admettrons, en modifiant les conditions (A), (B) et (C), que u ne soit pas bornée à l'origine. On trouve les possibilités suivantes :

I. $$m(z) \equiv 0,$$

II. $$\lim_{z \to \infty} z^{-p} m(z) > 0, \qquad \lim_{z \to 0} z^{-p} m(z) < \infty,$$

III. $$\lim_{z \to \infty} z^{p-1} m(z) < \infty, \qquad \lim_{z \to 0} z^{p-1} m(z) > 0,$$

IV. $$\lim_{z \to \infty} z^{-p} m(z) > 0, \qquad \lim_{z \to 0} z^{p-1} m(z) > 0.$$

Le nombre $p\,(> 1)$ est déterminé par l'équation $p(p-1) = \pi(\alpha^2/A')$, où A′ est l'aire de la section de C′ par le plan $z = 1$.

On en déduit immédiatement des énoncés concernant la croissance de $\max_{T_z} |u|$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle considérée par Kummer.* Note de M. **Christo Karanikoloff**, présentée par M. Jean Chazy.

E. Kummer a appliqué [1] une méthode élégante à l'intégration de l'équation différentielle

$$\frac{d^n y}{dx^n} = x^m y, \tag{1}$$

[1] *Journal de Mathématiques*, 4, 1839, p. 390.

lorsque l'exposant m est un nombre entier positif. Cette méthode n'est pas applicable à d'autres valeurs de m, et nous proposons ici de traiter le problème de l'intégration de l'équation (1) sans aucune restriction concernant la nature de la constante m. Nous écartons toutefois le cas banal $m = -n$, et posons pour abréger $m + n = p \neq 0$. Remarquons aussi que, dans le cas $n = 2$, quel que soit m différent de -2, l'équation (1) se transforme par la substitution $x = t^{\frac{2}{m+2}}$ en l'équation classique de Bessel

$$t\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{m}{m+2}\frac{dy}{dt} - \frac{4t}{(m+2)^2}y = 0.$$

Essayons d'abord de satisfaire à l'équation (1), qu'on peut écrire sous la forme

$$x^n\frac{d^ny}{dx^n} = x^py,$$

par la série

$$(2) \qquad y = 1 + a_1x^p + a_2x^{2p} + \ldots + a_\nu x^{\nu p} + \ldots,$$

procédant suivant les puissances entières et positives de x^p. Par la méthode des coefficients indéterminés, en posant $a_0 = 1$, et avec la notation classique

$$A_N^n = N(N-1)(N-2)\ldots(N-n+1),$$

on obtient la formule de récurrence, pour $\nu = 1, 2, 3, \ldots$,

$$A_{\nu p}^n a_\nu = a_{\nu-1}, \qquad \text{d'où} \quad a_\nu = \frac{1}{A_p^n A_{2p}^n \ldots A_{\nu p}^n},$$

pourvu que les coefficients successifs $A_{\nu p}^n$ soient différents de zéro pour $\nu \geq 1$. Et l'on conclut alors que la série (2) représente une fonction entière de x^p, qui vérifie l'équation (1).

L'application de la méthode est en défaut, lorsque le coefficient $A_{\nu p}^n$ s'annule pour une valeur entière et positive de ν, c'est-à-dire lorsque $m + n = p$ est égal à l'une des *valeurs exceptionnelles* r/k, où k désigne un nombre entier positif, et r l'un des entiers $1, 2, \ldots, n-1$. Supposons p égal à la valeur r/k, et r et k premiers entre eux. Soit qr le plus grand multiple de r inférieur à n. On voit facilement qu'il existe une série de la forme

$$y = x^{qr} + \Sigma b_\nu x^{\nu p}, \qquad \text{pour} \quad \nu = qk+1,\ qk+2,\ \ldots,$$

satisfaisant à l'équation (1). En effet, par substitution, compte tenu de ce que l'exposant qr est inférieur à n, on obtient la formule de récurrence

$$A_{\nu p}^n b_\nu = b_{\nu-1}, \qquad \text{avec} \quad b_{qk} = 1.$$

D'ailleurs les coefficients $A_{\nu p}^n$ sont différents de zéro pour $\nu > qk$: cela est

évident si ν n'est pas un multiple de k, puisqu'alors νp n'est pas un nombre entier; et si ν est un multiple de k, l'on a, d'après le choix du multiple qr,

$$\nu p = \frac{\nu}{k} r \geqq (q+1) r \geqq n.$$

D'une façon générale on peut satisfaire de même à l'équation (1) par une série de la forme

(3) $$y_s = x^s + \Sigma c_{s,\nu} x^{s+\nu p},$$

où s désigne l'un des nombres de la suite $0, 1, 2, \ldots, n-1$, et où l'indice ν prend les valeurs entières successives, à partir du nombre zéro, ou d'un entier positif convenablement choisi. Si p n'est pas de la forme r/k, r et k étant des nombres entiers et vérifiant les inégalités

(4) $$r \neq 0, \qquad -s \leqq r \leqq -s+n-1, \qquad k > 0,$$

on pose $c_{s,0} = 1$, et l'on détermine les coefficients $c_{s,\nu}$ au moyen de la formule de récurrence

$$A^n_{s+\nu p} c_{\nu,s} = c_{\nu-1,s},$$

car le coefficient A est différent de zéro pour $\nu = 1, 2, 3, \ldots$. Les n séries (3) obtenues pour $s = 0, 1, 2, \ldots, n-1$, sont convergentes, et représentent des solutions de l'équation (1). Les résultats s'étendent comme plus haut au cas exceptionnel défini par les inégalités (4).

Les n solutions $y_0, y_1, \ldots, y_{n-1}$ ainsi formées de l'équation linéaire (1) constituent un système fondamental en général, c'est-à-dire si p n'a pas l'une des valeurs exceptionnelles $p = (r/k)$, où r a l'une des valeurs $\pm 1, \pm 2, \ldots, \pm(n-1)$, et où k est un entier positif. En effet les coefficients $A^n_{s+\nu p}$ sont alors différents de zéro pour $s = 0, 1, \ldots, n-1$ et $\nu > 0$, de sorte que la fonction y_s a la forme $x^s \varphi_s(x^p)$, $\varphi_s(t)$ désignant une fonction entière de t dont le terme constant est égal à 1. S'il existe n constantes λ_s telles que l'on ait identiquement, en posant $x = t^{1/p}$,

$$\lambda_0 \varphi_0(t) + \lambda_1 t^{\frac{1}{p}} \varphi_1(t) + \lambda_2 t^{\frac{2}{p}} \varphi_2(t) + \ldots + \lambda_{n-1} t^{\frac{n-1}{p}} \varphi_{n-1}(t) \equiv 0,$$

on déduit, en faisant tendre t vers zéro, que successivement les constantes λ_0, $\lambda_1, \ldots, \lambda_{n-1}$ sont nulles.

On en tire la conséquence suivante : si m est un entier négatif inférieur à $-n$, la solution générale de l'équation (1) est une fonction uniforme de x, admettant le point $x = 0$ comme point singulier essentiel isolé. Tel est notamment le cas pour $m = -n-1$, où l'équation (1) admet la solution particulière $y = x^{n-1} e^{-(1/x)}$, d'après une formule de Halphen.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le maximum du rayon intérieur.* Note (*) de M. **H.-R. Hægi**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit D un domaine ouvert simplement connexe dans le plan des z qui ne contient pas le point ∞ et a un point frontière fini. Désignons par r_z le rayon intérieur de D par rapport au point $z \in D$ [1]. Ce r_z est une fonction positive de z qui tend uniformément vers 0 lorsque z s'approche d'un point frontière fini de D. Posons $z = x + iy$; alors r_z est analytique en x et y. De plus, $-\log r_z$ est subharmonique. Ainsi r_z n'a pas de minimum. Si r_z possède un maximum, nous désignons D par D*, la valeur du maximum par $\dot{r}$ et un point où il est atteint par $\dot{z}$. Donc, si D est borné, $D = D^*$. Dans un travail en cours de publication, MM. G. Polya et G. Szegö ont démontré les inégalités [2]

$$\Lambda \leqq 2 \times 4048 \ldots \dot{r}^{-1}, \qquad 2M \geqq \pi \dot{r}^{4},$$

qui, en liant $\dot{r}$ à des quantités physiques importantes, en montrent l'intérêt. Nous allons aussi, s'il y a lieu de le faire, considérer l'aire A de D, le rayon ρ du plus grand cercle ouvert contenu en D, le rayon R du plus petit cercle fermé contenant $\overline{D}$, la fermeture de D, et le rayon extérieur $\bar{r}$ de D [1].

I. *Dans un domaine* D* *convexe différent d'une bande infinie, il n'y a qu'un seul point où r_z est stationnaire; c'est donc l'unique point $\dot{z}$ où $\dot{r}$ soit atteint.* D'où l'on déduit immédiatement :

II. *Dans un domaine* D* *convexe différent d'une bande infinie qui possède un centre de symétrie, ce centre est l'unique point $\dot{z}$ où $\dot{r}$ soit atteint.* Pour la bande infinie, $\dot{r}$ est atteint en tous les points de la médiane, qui sont en même temps centres de symétrie, et seulement là.

III. *Pour un domaine* D* *quelconque* $1 \leqq \dot{r}/\rho < 2$. Si D* est convexe, on a une inégalité plus resserrée, due à M. Szegö [3], qu'on peut démontrer d'une manière plus simple. Si D* est convexe et si, de plus, la surface représentant r_z a un ombilic au point $\dot{z}$, l'inégalité peut être resserrée encore davantage. Dans ce cas, d'ailleurs, *la frontière de* D* *ne peut avoir un point anguleux plus aigu que le sommet d'un triangle équilatéral.* Jusqu'ici, je n'ai démontré cette remarque curieuse que sous une restriction de régularité.

IV. *Pour un domaine convexe*

$$\frac{\pi}{8} < \pi \dot{r} \bar{r} A^{-1} < 2.$$

(*) Séance du 7 mars 1949.

(1) *Voir* par exemple Polya-Szegö, *Aufgaben und Lehrsatze aus der Analysis*, 2, p. 13-22.

(2) Pour les notations voir *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 346-348.

(3) G. Szegö, *Berliner Sitzungsberichte*, 1923.

Ces limites sont plus précises que celles fournies par une méthode générale de MM. Polya et Szegö, mais, probablement, elles ne sont pas les meilleures. Ma démonstration utilise le lemme purement géométrique : *Pour un domaine convexe quelconque*

$$2\rho R < A < 4\rho R.$$

Ici, on ne peut remplacer aucune des constantes 2 et 4 par une meilleure. D'ailleurs, la quantité $\pi \dot{r} r A^{-1}$ est exactement égale à 1 pour un triangle, un losange ou un polygone régulier quelconque.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions p. p. l. dans un espace linéaire.* Note (*) de M. **Paul Métral**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Considérons maintenant des fonctions dont les valeurs sont des éléments d'un espace linéaire L topologiquement complet et convexe. Soient $x, y, \ldots, a, b, \ldots$ les éléments d'un anneau $\mathfrak{A}$ fixe arbitraire. Une fonction $F(x)$ sera dite p. p. l. si l'ensemble RF des fonctions $F(xa+b)$ et l'ensemble LF des fonctions $F(ax+b)$ sont totalement bornés.

Étant donnés plusieurs anneaux $\mathfrak{A}_1, \ldots, \mathfrak{A}_p$, nous appellerons $a_1 \times \mathfrak{A}_2 \times \ldots \times \mathfrak{A}_p$ l'ensemble des $x = [x_1, x_2, \ldots, x_p]$, où $x_1 \in \mathfrak{A}_1, \ldots, x_p \in \mathfrak{A}_p$ avec les règles usuelles

$$[x_1, \ldots, x_p] + [y_1, \ldots, y_p] = [x_1 + y_1, \ldots, x_p + y_p],$$
$$[x_1, \ldots, x_p][y_1, \ldots, y_p] = [x_1 y_1, \ldots, x_p y_p].$$

Une fonction sera dite p. p. l. en $x_1, \ldots, x_p$ si elle est p. p. l. en $[x_1, \ldots, x_p]$ dans $\mathfrak{A}_1 \times \mathfrak{A}_2 \times \ldots \times \mathfrak{A}_p$. Parmi les résultats analogues à ceux de la théorie des fonctions presque périodiques, citons : si une fonction $F(f_1, f_2, \ldots, f_n)$ est uniformément continue pour $f_i \in S_i$, si $F_1, \ldots, F_n$ sont des fonctions p. p. l. dont les valeurs sont des éléments des espaces $L_1, \ldots, L_n$, le champ de F_i étant S_i et celui de F étant $\subset L$, la fonction $F(F_1(x), F_2(x), \ldots, F_n(x))$ est elle-même p. p. l. ; si F et G sont p. p. l., de même $F \pm G$; si une suite de p. p. l. est uniformément convergente, la limite est p. p. l.

2. La méthode suivie par MM. Bochner et von Neumann permet de définir la moyenne d'une fonction p. p. l. ; désignons par $S_{\text{conv.}}$ l'ensemble des $\alpha_1 f_1 + \ldots + \alpha_n f_n$ où $f_1, f_2, \ldots, f_n \in S$, où les α sont positifs et $\alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n = 1$ et par S_{cl} l'ensemble des points et des points de condensation, on montre encore que parmi les $G \in [(RF)_{\text{conv.}}]_{\text{cl}}$ existe une constante si F est p. p. l. Il existe alors un $\psi \in L$, une suite de nombres α, et pour tout $u \in U$ un n_1 tels que pour $n \geqq n_2$

$$\alpha_{n1} F(x a_{n1} y + b_{n1}) + \alpha_{n2} F(x a_{n2} y + b_{n2}) + \ldots + \alpha_{nm_n} F(x a_{nm_n} y + b_{nm_n}) - \psi \in U;$$

(*) Séance du 7 mars 1949.

les a et les b étant naturellement des éléments de $\mathcal{A}$. Pour démontrer que la somme de deux fonctions admet pour moyenne la somme de moyennes ψ correspondant à ces deux fonctions, il suffit d'utiliser un lemme analogue concernant les constantes indiquées précédemment $G \in [(RF)_{\text{conv.}})_{\text{cl}}$; d'où résulte immédiatement l'unicité de la moyenne $M_x(F) = \psi$ pour une p. p. l. donnée. Cette moyenne a les propriétés classiques : $MF(ax+b) = MF, \ldots$, qu'on pourrait utiliser comme définitions. Enfin, si $F(x, y)$ est p. p. l. en x, y pour $x \in \mathcal{A}$ et $y \in \mathcal{B}$, elle est p. p. l. en x pour y fixe et $M_x F(x, y)$ est p. p. l. en y.

3. F étant p. p. l. et $g(x)$ une p. p. l. du type numérique, le produit défini par

$$gF = M_y[g(xy^{-1})]F(y)$$

est associatif. Étant donnée une fonction p. p. l. $F(x)$, on peut définir une suite de fonctions $\varphi_n(x)$ telles que F soit limite de la suite $\varphi_n F$, ces fonctions φ_n étant des fonctions réelles p. p. l. positives.

Soit une représentation normale irréductible $D(x) = \{D_{\rho\sigma}(x)\}$ de l'anneau $\mathcal{A}$ ($\rho, \sigma = 1, 2, \ldots, s$), nous appellerons encore coefficient (D, ρ, σ) du développement d'une F p. p. l.

$$f_{\rho\sigma}(D) = M_x[D_{\sigma\rho}(x^{-1})\, F(x)]$$

et matrice du développement $\{f_{\rho\sigma}(D)\}$; considérons une suite de représentations normales irréductibles D^N, les matrices étant supposées non nulles, de degrés s^N; la série formelle

$$\sum_{N=1}^{\infty} s^N \sum_{\rho,\sigma=1}^{s^N} f_{N,\rho\sigma} D^N_{\rho\sigma},$$

où $f_{N,\rho\sigma} = M_x[D^N_{\rho\sigma}(x^{-1})\, F(x)]$, sera dite développement de Fourier de F. Ce développement a les mêmes propriétés que dans le cas presque périodique : additivité, unicité, développement d'une limite, théorie des modules, ... Par exemple étant donnée une fonction p. p. l., il existe une fonction p. p. l. dont le développement est formé des termes pour lesquels D est contenu dans un module $\mathcal{M}$ donné. Les démonstrations sont analogues à celles concernant les fonctions presque périodiques sur un groupe, on remplace, par exemple la fonction de translation de M. Bochner correspondant à $|f(xy) - f(x)|$ ($x \in \mathcal{G}$) par une fonction correspondant à $|f(xy+t) - f(x)|$

4. La théorie des fonctions p. p. l. peut être utilisée dans l'étude de l'espace d'Hilbert. Au point de vue de la Note précédente, considérons un anneau abélien et les fonctions sur cet anneau pour lesquelles $\int_{\alpha} |f(x)|^2 dx$ est finie, la notion d'intégrale étant obtenue par généralisation de l'intégrale de Haar; on a

un théorème analogue à celui de M. von Neumann

$$(Of, g) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(a, b, \lambda)\, d[E(\lambda)f, g],$$

où Of est l'opérateur $f(xa+b)$. Dans le cadre de la Note actuelle, prenons pour L l'espace d'Hilbert, ou l'espace $\mathcal{B}$ des transformations bornées dans $\mathcal{H}$; par exemple, une p. p. l. dans $\mathcal{H}^{\mathfrak{A}}$ (forte) est p. p. l. dans $\mathcal{H}^{\mathfrak{A}}$ (faible); une p. p. l. de $\mathcal{B}^{\mathfrak{A}}$ (faible), représentation de $\mathfrak{A}$ au moyen de transformations unitaires, est p. p. l. de $\mathcal{B}^{\mathfrak{A}}$ (forte) et les coefficients de Fourier de

$$F(x) \sim \Sigma \alpha_{\rho\sigma}(D)\, D_{\rho\sigma}(x)$$

vérifient $\alpha_{\rho\sigma}(D)^{x} = \alpha_{\sigma\rho}(D)$, les $\alpha_{\rho\rho}$ forment une résolution de l'identité; ce théorème a une réciproque facile.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les suites et cycles de complexes linéaires conjugués.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Dans la dernière de nos Notes [1] relatives aux faisceaux de complexes linéaires, nous avons, en particulier, déterminé certains ensembles de tels complexes que nous avons appelés des *suites* ou, quand celles-ci se *ferment*, des *cycles* de complexes linéaires conjugués. Si l'on désigne par $\mathcal{C}_j$ le complexe de rang j d'une *suite* $\mathcal{S}$ de complexes linéaires conjugués, $\mathcal{C}_{j+2}$ est, par définition de $\mathcal{S}$, le conjugué (polaire réciproque) de $\mathcal{C}_j$ par rapport à $\mathcal{C}_{j+1}$, quel que soit j. Dans un *cycle* de p complexes linéaires conjugués, ceux-ci possèdent la propriété précédente, et, en outre, $\mathcal{C}_1$ est le conjugué de $\mathcal{C}_{p-1}$ par rapport à $\mathcal{C}_p$, et $\mathcal{C}_2$ est le conjugué de $\mathcal{C}_p$ par rapport à $\mathcal{C}_1$. Chaque suite ou cycle appartient à un faisceau.

Nous conserverons les notations des Notes précédentes.

Soient Φ un faisceau de complexes linéaires, d'équation $C_1 + \lambda C_2 = 0$ en coordonnées plückériennes; λ_1 et λ_2 les valeurs de λ correspondant aux complexes spéciaux de Φ.

Nous avons déterminé, dans les paragraphes I, 2° et 3°, de notre dernière Note, des suites et des cycles de complexes linéaires conjugués appartenant à Φ, dans le cas où les coefficients de C_1 et de C_2 sont réels. Pour des valeurs réelles de λ, on a des complexes à axes et à paramètres réels. λ_1 et λ_2 sont réels ou imaginaires conjugués.

Supposons maintenant que les coefficients de C_1 et de C_2 soient *réels ou imaginaires*.

I. Considérons d'abord le cas $\lambda_1 \neq \lambda_2$.

---

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1948, p. 712; **228**, 1949, p. 359 et 803.

1° La théorie des suites et cycles exposée dans le paragraphe I de notre dernière Note reste applicable, mais, ici, quand les valeurs λ_1 et λ_2 sont imaginaires, elles peuvent n'être pas des imaginaires conjuguées. Considérons une suite de complexes de Φ correspondant aux valeurs réelles ou imaginaires $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_j, \ldots$ de λ et posons toujours $(\mu_j - \lambda_1)/(\mu_j - \lambda_2) = \alpha_j$. Si les α_j forment une *progression géométrique*, nous avons une *suite* $\mathcal{S}$ de complexes linéaires conjugués. Une telle suite constitue un *cycle* de p complexes distincts quand la *raison* de la progression géométrique des α_j est égale à une *racine primitive* $p^{\text{ième}}$ de 1.

On peut donner à ces résultats d'autres formes simples indiquées ci-après.

2° Considérons une suite de valeurs μ_j telles que

$$2\mu_j = \lambda_1 + \lambda_2 - i(\lambda_1 - \lambda_2)\operatorname{tg}\theta_j,$$

les angles θ_j formant une *progression arithmétique* de raison β, quelconque. Les μ_j déterminent une *suite* de complexes linéaires conjugués, car on a

$$(\lambda_1, \lambda_2, \mu_j, \mu_{j+1}) = (i, -i, \operatorname{tg}\theta_j, \operatorname{tg}\theta_{j+1}) = e^{-2i\beta},$$

ce qui est constant quel que soit j. La raison de la *progression géométrique* formée par les α_j est alors $e^{2i\beta}$.

Si l'on prend $\beta = k\pi/p$, avec k entier positif premier avec p, on a un *cycle* de p complexes linéaires conjugués. La raison de la progression géométrique des α_j est alors $e^{2k\pi i/p}$, qui est une racine primitive $p^{\text{ième}}$ de 1.

Quand λ_1 et λ_2 sont imaginaires conjugués, $\lambda_1 + \lambda_2$ et $i(\lambda_1 - \lambda_2)$ sont réels et l'on a des μ_j réels pour des θ_j réels. C'est ce qui a lieu, en particulier, quand les coefficients de C_1 et de C_2 sont réels.

3° Revenons au cas général, en excluant le cas simple où les axes des complexes de Φ sont tous parallèles (et, par suite, situés dans un même plan). Soient : H la perpendiculaire commune aux axes des complexes de Φ; Π_1, Π_2, $P_1, \ldots, P_j, \ldots$ les plans passant par H et respectivement par les axes des deux complexes spéciaux de Φ et par les axes des complexes d'une suite $\mathcal{S}$; $A, B_1, \ldots, B_j, \ldots$ les intersections de $\Pi_2, P_1, \ldots, P_j, \ldots$ et d'une droite δ parallèle au plan Π_1 sans l'être à la droite H. On a

$$\frac{\overrightarrow{AB}_{j+1}}{\overrightarrow{AB}_1} = \left(\frac{\overrightarrow{AB}_2}{\overrightarrow{AB}_1}\right)^j.$$

II. Envisageons maintenant le cas particulier $\lambda_1 = \lambda_2$. D'après le paragraphe I, 1° de notre dernière Note, le conjugué $\mathcal{C}_3$ du complexe $\mathcal{C}_1$ de Φ par rapport au complexe $\mathcal{C}_2$ de Φ a pour équation $\omega_2 f_1 - \omega_{1,2} f_2 = 0$ et appartient à Φ. Cette formule appliquée aux trois complexes $\mathcal{C}_j$, $\mathcal{C}_{j+1}$, $\mathcal{C}_{j+2}$ d'une *suite* $\mathcal{S}$, avec j quelconque, montre qu'on a ici

$$(\lambda_1, \mu_{j+1}, \mu_j, \mu_{j+2}) = -1,$$

quel que soit j. Les quantités λ_1, μ_{j+1}, μ_j, μ_{j-2} sont donc en *proportion harmonique*, quel que soit j.

Dans le cas présent, les quantités $1/(\mu_j - \lambda_1)$ relatives à $\mathfrak{S}$ forment une *progression arithmétique*.

Les plans Π_1 et Π_2 du paragraphe précédent sont ici confondus. Les coordonnées des points B_1, B_2, ..., B_j, ... relatives à chacun des trois axes de coordonnées forment une *progression arithmétique* et, si la droite δ n'est pas isotrope, les points B_1, B_2, ..., B_j, ... sont *régulièrement espacés*.

Il n'y a pas alors dans Φ de *cycle* de complexes linéaires conjugués, car l'égalité $\mu_{p+1} = \mu_1$ entraîne $\mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_p$.

TOPOLOGIE. — *Sur les réseaux de courbes couvrant une surface de genre p.* Note de M[me] **Pierre-Louis Dubois-Violette**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous avons étudié précédemment [1] des réseaux R de courbes couvrant une surface S close, orientable, de genre p, et telle qu'en tous points de S non singulier pour R, passe une courbe de R et une seule, admettant une tangente qui est une fonction continue du point considéré sur S; les points singuliers pour R sont d'autre part supposés en nombre fini.

Nous nous proposons dans la présente Note de définir et d'étudier l'*orientabilité* d'un réseau R. Nous dirons qu'un réseau R est orientable si, et seulement si, on peut définir sur toute courbe L de R un sens de parcours de telle sorte que l'orientation d'une courbe L' passant suffisamment près de L puisse être déduite par continuité de l'orientation de L.

Cette condition sera vérifiée lorsque le réseau R peut être considéré comme l'ensemble des trajectoires d'un fluide en mouvement sur la surface S.

1. *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un réseau* R *soit orientable est que tout orbe* C, *tracé sur la surface* S, *ait un nombre pair de contacts avec* R (ou soit déformable en un orbe infiniment voisin jouissant de cette propriété, si l'orbe C a une infinité de points de contact avec R).

La condition est nécessaire. — En effet, si nous supposons le réseau R orienté, les courbes de R traversant un arc de C sans contact avec R traverseront cet arc en allant tous de la face — de C vers la face +, par exemple. Nous pouvons supposer que C présente un nombre fini de points de contact avec R, soit m_1, m_2, ..., m_n. Les points m_i partagent C en un nombre fini d'arcs sans contact avec R. Deux de ces arcs consécutifs sur C seront traversés par les courbes de R, l'un de la face + vers la face — et l'autre en sens inverse. Par suite, le nombre de ces arcs, avec R est pair.

---

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 782-784; 226, 1948, 1068-1069; 226. 1948, p. 1580-1582; 226, 1948, p. 1676-1678.

La condition est suffisante. — Considérons en effet un système de rétrosections rendant S simplement connexe et étudions la représentation de R sur le polygone plan P obtenu en étalant S, après avoir effectué les coupures correspondant aux orbes du système de rétrosections. Si tout orbe C est réductible à un orbe voisin présentant un nombre fini, pair de contacts avec R, l'indice de tout point singulier de R sera entier. Le réseau R sera alors représenté sur P par un réseau orientable, et l'on vérifie aisément que, lorsque la condition énoncée plus haut est vérifiée, on peut passer du réseau plan orienté tracé sur P, à un réseau R tracé sur S orienté lorsque l'on identifie deux à deux les côtés correspondants du polygone P.

COROLLAIRE. — *Si* C *est un orbe sans contact avec* R *et si* R *est un réseau orientable, tout arc de caractéristique ne rencontrant pas* C, *mais ayant ses extrémités sur* C *aura l'une de ses extrémités sur une face de* C *et l'autre sur l'autre face.*

Remarque. — Il résulte du théorème précédent qu'une condition nécessaire pour qu'un réseau soit orientable est que l'indice d'un point singulier quelconque soit entier. Mais cette condition n'est pas suffisante car il est facile de trouver des exemples de réseaux R non orientables, n'admettant que des points singuliers d'indice entier.

2. Considérons un réseau R sans point singulier tracé sur un tore, admettant un cycle limite unique et tel que tout orbe formant rétrosection avec le cycle limite ait un pseudo-indice (¹) égal à 1 par rapport à R.

Le réseau R n'est pas orientable, mais on pourra définir un sens sur toute courbe de R autre que le cycle limite, de telle façon que le sens de parcours sur une courbe de R puisse être induit par continuité du sens de parcours sur une courbe infiniment voisine. Lorsque, de façon plus générale, un réseau R sera orientable en tout point de S, sauf sur un ensemble de points de mesure superficielle nulle, nous dirons qu'il est *semi-orientable*.

4. *Il existe des réseaux* R *qui ne sont ni orientables, ni semi-orientables.* — Nous allons en effet donner un exemple de réseau R tel qu'il est impossible de trouver un arc *ab* sans contact avec R et tel que toute caractéristique rencontrant *ab*, traverse *ab* de la face + vers la face — par exemple.

Nous considérerons une surface S de genre O, que nous supposons réalisée sous la forme d'un disque circulaire plat, le bord du disque n'étant pas une frontière sur la surface S. Le réseau R considéré sera constitué par deux familles de droites parallèles situées respectivement sur les deux faces du disque, les deux familles faisant entre elles un angle α incommensurable avec π. Le réseau R a quatre points singuliers situés sur le bord du disque, à chacun desquels aboutit une caractéristique unique de R et qui ont chacun l'indice $(+1/2)$.

Une caractéristique quelconque rencontre l'orbe C constitué par le bord du

(¹) *Voir* première Note citée.

disque en une double infinité de points d'arguments $(\pm x + 2n\alpha)$ où n est un entier quelconque, positif ou négatif.

On voit alors qu'une caractéristique quelconque est stable sur tout C, donc sur tout S. Il en sera ainsi en particulier des caractéristiques aboutissant à un point singulier. Soit alors un arc ab quelconque, une caractéristique aboutissant à un point singulier rencontre ab en un point M et toute caractéristique traversant ab sur aM au voisinage de M retraversera Mb en sens contraire.

Par suite on ne pourra définir ici une orientation pour R au voisinage d'aucun point de S.

Remarque I. — L'ensemble précédent montre qu'il existe un réseau R stable sur toute la sphère, alors que si l'on se limite aux réseaux orientables, il n'existe pas de réseaux stables sur une sphère.

Remarque II. — Dans l'exemple précédent, le réseau R admet des points singuliers d'indice 1/2. On peut se demander si le fait pour un réseau R d'être stable sur une surface S et de n'avoir, en même temps, que des points singuliers d'indice entier entraîne l'orientabilité du réseau.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Recherche des directions principales virtuelles d'un élément linéaire donné.* Note (*) de Mlle **Simone Lemoine**, présentée par M. Élie Cartan.

En général, il existe au plus deux surfaces, essentiellement distinctes, admettant deux formes linéaires données, ϖ_1 et ϖ_2, comme éléments d'arc de leurs lignes de courbure (1). Les courbures principales a et c de ces surfaces sont solutions de

$$(1) \qquad ac = K, \qquad a^2\xi + c^2\eta = \zeta,$$

où K est la courbure totale, ξ, η et ζ des coefficients qui peuvent être calculés à partir de ϖ_1 et ϖ_2. En désignant par r et s les invariants simultanés de ϖ_1 et ϖ_2,

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} &\xi = \left(\frac{s}{K}\right)_2 + \frac{rs}{K}, \qquad \eta = \left(\frac{r}{K}\right)_1 + \frac{rs}{K}, \\ &\zeta = r_1 + s_2 + 2rs + \frac{r}{2}(\log K)_1 + \frac{s}{2}(\log K)_2 - \frac{1}{2}(\log K)_{12} - \frac{1}{2}(\log K)_{21}. \end{aligned} \right.$$

Nous allons maintenant chercher comment décomposer un élément linéaire donné, $ds^2 = \omega_1^2 + \omega_2^2$, pour que cette décomposition corresponde aux lignes de

(*) Séance du 21 février 1949.

(1) E. Cartan, *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945, problème VII.

courbure. En posant $a=\sqrt{K}\,e^{V}$, $c=\sqrt{K}\,e^{-V}$, le système (1) peut être remplacé par l'équation

$$(3)\qquad X\,\mathrm{sh}\,2V+Y\,\mathrm{ch}\,2V=Z,$$

avec

$$(4)\qquad X=\xi-\eta,\qquad Y=\xi+\eta,\qquad Z=\frac{\zeta}{K}.$$

Cherchons la nature tensorielle de X, Y, Z. Pour cela, en utilisant la théorie des indicatifs de M. Lalan [2], appelons second indicatif principal réduit, q, le second indicatif du repère de Darboux, divisé par K. Nous emploierons les composantes de ce vecteur dans le trièdre de Darboux et dans le trièdre trirectangle direct $Me_1e_2e_3$ ($dM=\omega_1e_1+\omega_2e_2$). Dans le premier cas, nous mettrons un indice supérieur o. Nous avons

$$q_1^0=\frac{s}{K},\qquad q_2^0=\frac{r}{K},$$

et, d'après la formule [3] $\varpi_{12}=\omega_{12}+d\theta$,

$$(5)\qquad q_1=\frac{\sigma+\theta_2}{K},\qquad q_2=\frac{\rho-\theta_1}{K},$$

où ρ et σ sont les invariants simultanés de ω_1 et ω_2, θ l'angle de e_1 avec la première direction principale, les indices 1 et 2 indiquant maintenant des dérivations pfaffiennes par rapport à ω_1 et ω_2.

Reprenons les formules (4): Grâce à (2) et au second indicatif principal, elles s'écrivent

$$X=q_{1,2}^0-q_{2,1}^0=-\mathrm{curl}\,q,\qquad Y=q_{1,2}^0+q_{2,1}^0,$$

$$Z=q_{1,2}^0+q_{2,1}^0+2q_1^0(\log K)_2^0+2q_2^0(\log K)_1^0-\frac{1}{K}(\log K)_{,12}^0.$$

les virgules indiquent des dérivations covariantes.

Introduisons les tenseurs symétriques

$$(6)\qquad m_{\alpha\beta}=q_{\alpha,\beta}+q_{\beta,\alpha},\qquad n_{\alpha\beta}=2q_\alpha(\log K)_\beta+2q_\beta(\log K)_\alpha-\frac{1}{K}(\log K)_{,\alpha\beta};$$

ainsi

$$X=-\mathrm{curl}\,q,\qquad Y=m_{12}^0,\qquad Z=m_{12}^0+n_{12}^0.$$

Considérons un tenseur symétrique quelconque, de composantes $T_{\alpha\beta}^0$ dans le trièdre de Darboux et $T_{\alpha\beta}$ dans le trièdre $Me_1e_2e_3$. Nous avons

$$T_{12}^0=T_{12}(\cos^2\theta-\sin^2\theta)+(T_{11}-T_{22})\sin\theta\cos\theta.$$

Cette formule se simplifie par l'emploi des composantes $T_{\alpha\beta}^*$ du tenseur

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 294.

(3) É. CARTAN, *op. cit.*, p. 125.

bissecteur de $T_{\alpha\beta}$ [4]. Elle s'écrit ainsi

$$T_{12}^{0} = T_{12}\cos 2\theta + T_{12}^{*}\sin 2\theta,$$

de sorte que

$$X = -\operatorname{curl} q, \qquad Y = m_{12}\cos 2\theta + m_{12}^{*}\sin 2\theta, \qquad Z = (m_{12}+n_{12})\cos 2\theta + (m_{12}^{*}+n_{12}^{*})\sin 2\theta.$$

Ces dernières formules, jointes aux formules (5) et (6), montrent clairement que X, Y et Z dépendent de θ et de ses dérivées jusqu'au second ordre. Ainsi V, calculé par résolution de l'équation (3), est fonction d'une part de quantités connues à partir de ω_1 et ω_2, à savoir ρ, σ, K et leurs dérivées pfaffiennes, et d'autre part, de l'inconnue θ et de ses dérivées premières et secondes.

Par ailleurs, les équations de Codazzi s'écrivent

$$\alpha_2 + 2\beta\sigma = \beta_1 + \rho(\alpha - \gamma), \qquad \gamma_1 + 2\beta\rho = \beta_2 + \sigma(\gamma - \alpha),$$

avec

$$(7) \quad \alpha = \sqrt{K}(\operatorname{ch} V + \operatorname{sh} V \cos 2\theta), \qquad \beta = -\sqrt{K}\operatorname{sh} V \sin 2\theta, \qquad \gamma = \sqrt{K}(\operatorname{ch} V - \operatorname{sh} V \cos 2\theta).$$

Compte tenu de (7) et de la valeur de V calculée par résolution de (3), elles se présentent comme deux équations aux dérivées partielles du troisième ordre par rapport à θ, d'où ce résultat :

La détermination des directions principales des surfaces admettant un élément linéaire donné dépend, en général, de l'intégration d'un système de deux équations aux dérivées partielles du troisième ordre à une inconnue.

Les cas exceptionnels sont ceux où $K = 0$ (surfaces développables) ou $X = Y = 0$ (surfaces-moulures cylindriques).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur le second indicatif d'un réseau asymptotique.* Note de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Des recherches récentes sur la détermination d'une surface à partir de son ds^2 ont abouti, par différentes voies, à des systèmes formés de deux équations aux dérivées partielles du troisième ordre, à une inconnue [1].

L'explication de ce fait réside dans la nature même des équations de Codazzi. Compte tenu de l'équation de Gauss, ce sont deux équations simultanées aux d. p. du premier ordre, à deux inconnues. Un tel système conduit généralement, par élimination d'une des inconnues, à deux équations du troisième ordre pour l'inconnue conservée [2]. Toutefois, dans certains cas, on peut

---

(4) H. W. Alexander, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 47, 1940, p. 232.

(1) H. W. Alexander, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 47, 1940, p. 230-253; Mlle S. Lemoine, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 898, et *Bull. des Sc. Math.* (à l'impression).

(2) *Voir* E. Goursat, *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, Paris, 2, 1898, p. 259.

séparer les dérivées des deux inconnues, et l'élimination d'une des inconnues donne alors simplement pour l'autre une équation du second ordre. Cette opération est possible, en particulier, si le système proposé est linéaire : je montre qu'un tel système, par un choix approprié des inconnues, se laisse ramener à un système *à dérivées séparées* du type

$$(1)\quad \begin{cases} a(u, v, x, y)\dfrac{\partial x}{\partial u} + b(u, v, x, y)\dfrac{\partial x}{\partial v} + c(u, v, x, y) = 0, \\ a'(u, v, x, y)\dfrac{\partial y}{\partial u} + b'(u, v, x, y)\dfrac{\partial y}{\partial v} + c'(u, v, x, y) = 0. \end{cases}$$

Dans le cas des équations de Codazzi, qui sont précisément linéaires, les inconnues qu'on est ainsi conduit à adopter sont les coefficients de direction des tangentes asymptotiques. Le problème de la détermination de la seconde forme fondamentale d'une surface à partir de la première, se trouve de la sorte ramené à l'intégration d'une seule équation linéaire du second ordre.

2. Le résultat précédent peut se déduire aussi de l'un quelconque des deux systèmes que Darboux a indiqués pour déterminer les asymptotiques virtuelles ([3]). Ces systèmes sont du second ordre, mais on peut les abaisser au premier, et l'on aboutit à un système du type (1).

3. En utilisant dans cette question la notion d'*indicatif* ([4]), on découvre la source d'où découle le privilège des directions asymptotiques : *chaque fois que l'indicatif d'un réseau se laisse exprimer en fonction des directions tangentes au réseau* (ce qui est le cas d'un réseau asymptotique), *les coefficients de direction desdites tangentes vérifient un système de deux équations linéaires du second ordre, à dérivées séparées*. Le principe de la démonstration est le suivant.

Associons à chaque point de la surface, suivant la méthode de M. E. Cartan, un trièdre trirectangle $Me_1e_2e_3$; le second indicatif du réseau orthogonal dont e_1 et e_2 sont les tangentes est

$$(2)\qquad Q = se_1 + re_2.$$

Soient $\overline{e_1}$ et $\overline{e_2}$ les tangentes unitaires au réseau $\overline{R}$, et φ et ψ les angles que font $\overline{e_1}$ et $\overline{e_2}$ avec e_1. Le réseau $\overline{R}$ a pour indicatif

$$\overline{Q} = \overline{Q}^1\overline{e_1} + \overline{Q}^2\overline{e_2},$$

mais on peut, en outre, considérer l'indicatif Q_φ du réseau orthogonal construit sur les premières lignes de $\overline{R}$, et l'indicatif Q_ψ du réseau orthogonal construit sur les secondes lignes de $\overline{R}$. Entre ces trois indicatifs existent, comme je l'établis ailleurs, les relations remarquables

$$(3)\qquad (Q_\varphi - \overline{Q}) \wedge \overline{e_2} = 0, \qquad (Q_\psi - \overline{Q}) \wedge \overline{e_1} = 0.$$

([3]) *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, Paris, 3, 1894, p. 285 et 290.

([4]) Je donne la définition dans une Note aux *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 296.

La théorie générale donne, d'un autre côté,

$$(4)\qquad Q_\varphi = Q + e_3 \wedge \operatorname{grad}\varphi, \qquad Q_\psi = Q + e_3 \wedge \operatorname{grad}\psi.$$

De (2) et (4), il suit que (3) peut s'écrire

$$(5)\qquad \begin{cases} (r + \varphi_1 - \bar{Q}^{\bar{1}} \sin\varphi)\cos\psi - (s - \varphi_2 - \bar{Q}^{\bar{1}} \cos\varphi)\sin\psi = 0, \\ (r + \psi_1 - \bar{Q}^{\bar{2}} \sin\psi)\cos\varphi - (s - \psi_2 - \bar{Q}^{\bar{2}} \cos\psi)\sin\varphi = 0. \end{cases}$$

Si $\bar{Q}$ est connu en fonction de φ et ψ, ce système (5), où les indices inférieurs désignent des dérivées pfaffiennes, est du type (1). C'est ce qui arrive pour le réseau asymptotique : K étant la courbure totale, on démontre en effet que

$$\bar{Q}^{\bar{1}} = \frac{1}{4}\frac{K_{\bar{1}}}{K} = \frac{K_1}{4K}\cos\varphi + \frac{K_2}{4K}\sin\varphi, \qquad \bar{Q}^{\bar{2}} = \frac{1}{4}\frac{K_{\bar{2}}}{K} = \frac{K_1}{4K}\cos\psi + \frac{K_2}{4K}\sin\psi.$$

La proposition soulignée plus haut est susceptible d'applications variées.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une loi de probabilité* a priori *pour l'interprétation des résultats de tirages dans une urne.* Note de M. **Edgar Baticle**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une urne de composition $n_1, n_2, \ldots, n_m (n_1 + \ldots + n_m = n)$. On effectue un certain nombre de tirages qui sont d'abord supposés ne faire apparaître que k sortes de boules, d'indices $i, j, \ldots, l (k < m$ et $n_i + n_j + \ldots + n_l < n)$. On cherche la loi de probabilité *a posteriori* de l'élément aléatoire $(N_i, N_j, \ldots, N_l)$, à chaque détermination $(n_i, n_j, \ldots, n_l)$ duquel correspond la loi de probabilité directe bien connue de l'alternative généralisée.

Il faut faire appel à une loi de probabilité *a priori* de cet élément et appliquer le théorème de Bayes.

Je me propose d'établir que si toutes les variables prises isolément ont la même loi de probabilité *a priori*, cette loi est parfaitement déterminée.

Je considère l'élément aléatoire $(N, N_i, N_j, \ldots, N_l)$ obtenu en adjoignant à l'élément envisagé ci-dessus, la variable N, nombre total de boules, supposée également aléatoire. En vertu de l'hypothèse qui vient d'être faite, et par application du principe des probabilités composées, la loi de probabilité *a priori* cherchée est de la forme $g(n)h(n_i)\ldots h(n_l)\,dn\,dn_i \ldots dn_l$. De plus, les lois g et h ne dépendent pas du nombre des indices et l'on voit, si l'on fait $k = 1$ et $n_i = n$, que g et h sont identiques.

Cela étant, il est clair que la loi ci-dessus doit être invariante pour toute transformation qui change n en λn, n_i en λn_i, ... et que l'on a par suite

$$g(\lambda n)g(\lambda n_i)\ldots g(\lambda n_l)\,d\lambda n\,d\lambda n_i \ldots d\lambda n_l = g(n)g(n_i)\ldots g(n_l)\,dn\,dn_i \ldots dn_l,$$

c'est-à-dire

$$g(\lambda n)g(\lambda n_i)\ldots g(\lambda n_l)\lambda^{k+1} = g(n)g(n_i)\ldots g(n_l),$$

quel que soit k et quel que soit n. D'où, en faisant $k=0$ et $k=1$, $\lambda g(\lambda)=g(1)=\text{const}$. Il en résulte que la loi de probabilité cherchée est $A\, dn\, dn_i \dots dn_l / nn_i \dots n_l$, A étant une constante.

Si maintenant on suppose que certains des $n_i \dots n_l$ sont liés par une relation fonctionnelle, par exemple si l'on a $n_l = \varphi(n_i \dots n_f)$, le volume différentiel qui définit le domaine où se trouve le point aléatoire correspondant s'obtiendra en faisant la subtitution $n_i = n_i, n_j = n_j, \dots, n_f = n_f$; $n'_l = n_l - \varphi(n_i \dots n_f)$. D'où pour l'élément de volume

$$dn_i\, dn_j \dots dn_f\, dn'_l \frac{\partial(n_i n_j \dots n_l)}{\partial(n_i n_j \dots n'_l)} = dn_i\, dn_j \dots dn_f\, dn'_l,$$

dont on ne retient que $dn_i\, dn_j \dots dn_f$ puisque le point aléatoire se meut sur l'hypersurface $n'_l = 0$. On a donc dans ce cas la loi de probabilité *a priori* $A\, dn\, dn_i \dots dn_f / nn_i \dots n_f n_l$ qui ne comporte plus que k différentielles au lieu de $k+1$.

On conclut de là que si l'épreuve a fait apparaître *toutes* les sortes de boules, et qu'on a par suite la relation $\Sigma n_i = n$, la loi de probabilité *a priori* devient $(A\, dn\, dn_1 \dots d_{nm-1})/(nn_1 \dots n_{m-1} n_m)$.

Pour passer du nombre des boules aux proportions, ou aux probabilités, il suffit de faire la substitution $n = n$, $n_1 = p_1 n \dots n_m = p_m n$. Le jacobien est égal à n^k. D'où la loi

$$\frac{A\, dn\, dp_i \dots dp_l}{np_i \dots p_l} \quad \text{pour} \quad k < m$$

et

$$\frac{A\, dn\, dp_1 \dots dp_{m-1}}{np_1 \dots p_{m-1} p_m} \quad \text{pour} \quad k = m.$$

(On peut d'ailleurs supprimer $A\, dn/n$ qui disparaît dans l'application du théorème de Bayes).

Dans le cas où $m=2$, on prouve, pour une épreuve où apparaissent les deux sortes de boules, la loi $(dp/pq) = [dp/p(1-p)]$ préconisée par Lhoste (*Revue d'Artillerie*, 1923) et Dumas (*Mémorial de l'Artillerie française*, 1948).

Par contre, si une seule sorte de boules apparaît dans une épreuve comportant M tirages, la loi de probabilité directe étant alors p^M, la loi de probabilité *a priori* de p devra être dp/p puisqu'on a alors $k=1$ et la loi de probabilité *a posteriori* correspondante sera $M p^{M-1}$ qui donne la fonction de répartition p^M.

Cette théorie fournit une interprétation simple du résultat d'une épreuve effectuée sur un lot présenté en recette et ayant comporté M essais favorables et zéro essai défavorable : on a une probabilité $1-p^M$ que la proportion des bons éléments est supérieure à p.

On pourrait facilement étendre ce résultat à la loi de Poisson (qui n'est au fond qu'un cas particulier de la loi binomiale) : $m^n e^{-m}/\Gamma(n+1)$ (n nombre *constaté* d'arrivées de l'événement, m nombre *moyen* d'arrivées). La loi de probabilité *a priori* de m est dm/m. D'où la loi de probabilité *a poste-*

riori $m^{n-1}\, e^{-m}\, dm/\Gamma(n)$. L'espérance mathématique de m est $\Gamma(n+1)/\Gamma(n)=n$ et sa valeur dominante $n-1$.

On peut remarquer que les théories développées dans la présente Note, ainsi que dans ma Note du 5 janvier 1948 relative à la probabilité *a priori* dans le cas d'une variable laplacienne, paraissent, étant donné la généralité des hypothèses mises en jeu, être de nature à amoindrir, dans une notable mesure, la valeur des critiques formulées par les statisticiens de l'École anglaise à l'encontre de la théorie des probabilités inverses.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Interprétation de résultats de tirages exhaustifs.* Note de M. **Maurice Dumas**, présentée par M. Émile Borel.

I. Si n tirages ayant fait apparaître n_1 blanches ont été effectués de façon exhaustive à partir d'une urne contenant un nombre u, fini et connu, de boules dont un nombre u_1, inconnu, de blanches; si de plus on se limite expressément au cas $n_1(n-n_1)\neq 0$, on peut utiliser la probabilité *a priori* de u_1

$$\frac{u}{\lambda u_1(u-u_1)} \quad \text{avec} \quad \lambda=\sum_{n_1=1}^{u-n+n_1}\frac{u}{u_1(u-u_1)} \tag{1}$$

pour faire des présomptions portant les unes sur u_1 et les autres sur le nombre t_1 de blanches qui seraient extraites au cours de t nouveaux tirages. On trouve

$$\mathcal{P}_r\{u_1\}=\frac{C_{u_1-1}^{n_1-1}\,C_{u-u_1-1}^{n-n_1-1}}{C_{u-1}^{n-1}} \tag{2}$$

et

$$\mathcal{P}_r\{t_1\}=\frac{C_{n_1+t_1-1}^{n_1-1}\,C_{n+t-n_1-t_1-1}^{n-n_1-1}}{C_{n+t-1}^{n-1}}. \tag{3}$$

II. Ces résultats apparaissent comme satisfaisants, et par suite comme de nature à faire retenir (1) à titre d'hypothèse lorsqu'on n'a pas de raison d'agir autrement, notamment des points de vue suivants :

a. On a

$$E[U_1]=\frac{un_1}{n} \quad \text{et} \quad E[T_1]=\frac{tn_1}{n},$$

tandis que, par exemple, l'hypothèse de l'égalité des probabilités *a priori* de toutes les valeurs de U_1 aurait conduit à

$$E[U_1]=\frac{u(n_1+1)-n+n_1-1}{(n+2)} \quad \text{et} \quad E[T_1]=\frac{t(n_1+1)}{(n+2)}.$$

b. La formule (3) a été obtenue par Bachelier [1] d'une autre manière qui peut être envisagée avec une faveur particulière.

---

[1] *Calcul des probabilités*, Gauthier-Villars (1912).

Bachelier admet que pour chaque tirage la probabilité *a priori* d'une blanche est égale à la proportion de blanches dans les tirages antérieurs; cette probabilité varie donc d'un tirage au suivant; ainsi la probabilité *a priori* d'une blanche lors du premier tirage de la seconde série de tirages considérée plus haut est prise égale à n_1/n, tandis que pour le deuxième tirage de cette série elle est prise égale à $(n_1+1)/(n+1)$ si une blanche est sortie ou à $n_1/(n+1)$ dans le cas contraire.

III. Si u augmente indéfiniment, si l'on pose $p = u_1/u$ et si l'on choisit ε tel que $0 < \varepsilon < 0,5$, à la probabilité (1) correspond la probabilité élémentaire

$$(4) \qquad \frac{1}{2\,\text{Log}(1-\varepsilon)/\varepsilon}\,\frac{dp}{p(1-p)} \qquad \text{pour} \quad \varepsilon < p < 1-\varepsilon \text{ et } 0 \text{ hors de ces limites.}$$

Lorsque étant connu le résultat n_1 blanches en n tirages on applique la formule de Bayes avec (4) comme probabilité élémentaire *a priori*, ε disparaît, et, pourvu que l'on ait $n_1(n-n_1) \neq 0$, on obtient des expressions bien définies pour les probabilités *a posteriori* que l'on peut désirer.

Tout se passe alors comme si l'on faisait jouer le rôle de probabilité élémentaire *a priori* à la quantité $dp/p(1-p)$ dans tout l'intervalle $(0, 1)$; bien entendu cette quantité n'est pas proportionnelle à une probabilité élémentaire puisque son intégrale dans cet intervalle est infinie; pour éviter des confusions nous convenons de parler de la *loi virtuelle caractérisée par* $dp/p(1-p)$.

IV. Si $n_1(n-n_1) = 0$, on ne peut se servir ni de (1) ni de (4). Ce fait doit être retenu en faveur de ces expressions, car il nous paraît conforme au bon sens que si tous les tirages ont été d'une seule couleur on ne puisse affecter une probabilité précise à aucune des différentes compositions possibles de l'urne initiale.

Mais ce n'est pas que l'on ne puisse rien avancer du tout; par exemple, si l'on admet (1) lorsqu'on a $n_1(n-n_1) \neq 0$, on doit, lorsque $n = n_1$, admettre que la probabilité de la présence de u_1 blanches dans l'urne est *au moins égale* à celle que l'on déduirait de (1) et de la connaissance de n blanches en $n+1$ tirages.

V. A la loi virtuelle du III, on peut joindre les lois virtuelles caractérisées par $d\alpha$ pour $-\infty < \alpha < +\infty$ et par dh/h pour $0 < h < +\infty$. Ces lois virtuelles ont été signalées par Lhoste (*Revue d'Artillerie*, 1923), développées par nous (*Mémorial de l'Artillerie française*, tomes de 1937 et de 1948) et justifiées en ce qui concerne les deux dernières par Baticle ([2]). Le tableau ci-après montre une correspondance remarquable qui s'établit grâce à ces lois virtuelles entre des espérances mathématiques relatives respectivement à des probabilités directes et à des probabilités inverses.

Dans ce tableau les lettres majuscules représentent la variable aléatoire

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 55.

correspondant à la petite lettre; de plus x et y sont respectivement la moyenne arithmétique et l'écart moyen apparent quadratique d'une série de m mesures appartenant aux lois considérées.

La dernière colonne indique l'expression caractérisant la loi virtuelle de probabilité *a priori* admise à titre d'hypothèse pour le calcul des probabilités inverses.

Lois.	Probabilités directes.	Probabilités inverses.	Hypothèses.
de *Laplace-Gauss* de paramètres α, valeur centrale, h, module de précision	Connaissant α et h : $E[X]=\alpha$ Connaissant h : $E[Y]=\frac{1}{h\sqrt{m}}\frac{\Gamma[0,5\,m]}{\Gamma[0,5(m-1)]}$	Connaissant h et x : $E[A]=x$ Connaissant y : $E[H]=\frac{1}{y\sqrt{m}}\frac{\Gamma[0,5\,m]}{\Gamma[0,5(m-1)]}$	$d\alpha$ $\frac{dh}{h}$
de *Poisson* de paramètre α	Connaissant α : $E[X]=\alpha$	Connaissant x : $E[A]=x$	$\frac{d\alpha}{\alpha}$
binomiale (notations du III)	Connaissant p : $E\left[\frac{N_1}{n}\right]=p$	Connaissant n_1 : $E[P]=\frac{n_1}{n}$	$\frac{dp}{p(1-p)}$

Remarques sur les Notes de MM. Baticle et Dumas, par M. Émile Borel.

Je n'ai pas cru devoir refuser de présenter ces Notes, car je suis d'avis que la liberté d'opinion est une condition nécessaire des progrès de la science; en fait, bien des progrès importants ont été réalisés grâce à des hypothèses qui pouvaient apparaître comme absurdes et même contradictoires.

Je tiens cependant à dire que, en ce qui me concerne, je reste fidèle à la formule de Bayes et à sa démonstration classique. Cette démonstration exige que la fonction $\varphi(p)$ qui définit la probabilité *a priori* satisfasse à la condition essentielle

$$\int_0^1 \varphi(p)\,dp=1.$$

Toute autre définition de la probabilité *a priori* ne me paraît pas acceptable.

CHALEUR. — *Mesure de la température des gaz dans la chambre de combustion d'un moteur Diesel.* Note (*) de M. Georges Monnot, présentée par M. Gustave Ribaud.

Différents auteurs [1] ont montré que le carburant finement pulvérisé lors de son introduction sous forte pression dans la chambre de combustion d'un moteur Diesel brûlait en fournissant une flamme éclairante émettant un spectre continu. Ce phénomène est dû à la présence dans la flamme de nombreuses

(*) Séance du 7 mars 1949.

(1) Voir par exemple : W. Kamm et C. Schmid, *Das Versuch. und Messwesen auf den Gebiet der Kraftfahrzeuge*, Berlin, 1938; H. Graff, *V. D. I.*, 25 juil. 1942.

particules de carbone. Des considérations théoriques, développées par Schack (²), permettent de conclure que les particules de carbone, bien que refroidies par leur rayonnement, sont cependant à une température très voisine de celle du gaz environnant.

La mesure de la température de couleur de telles flammes au moyen de pyromètres optiques est décrite dans les ouvrages classiques (³).

Hottel et Broughton (⁴) ont discuté le lien qui existe entre la température de couleur ainsi mesurée, qui fait appel à la connaissance du seul rapport des énergies émises pour deux longueurs d'onde différentes, et la température vraie, qui suppose connues les valeurs absolues de ces deux énergies. Ils ont montré que la différence entre ces deux températures reste faible dans le cas d'opacités analogues à celles rencontrées au sein d'un moteur.

D'autres auteurs américains (⁵), (⁶) ont réalisé un montage optique dans

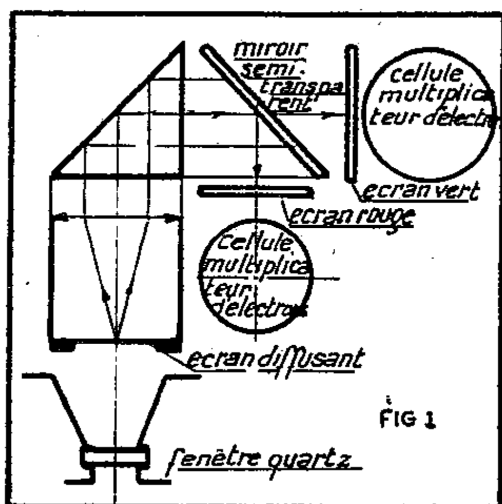


Fig. 1.

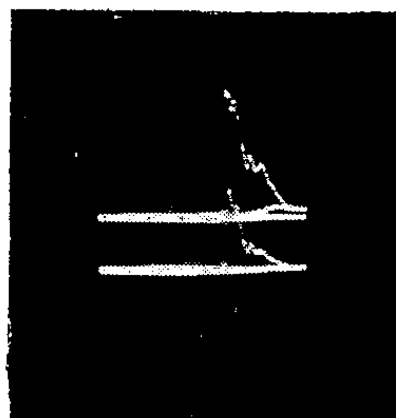


Fig. 2.

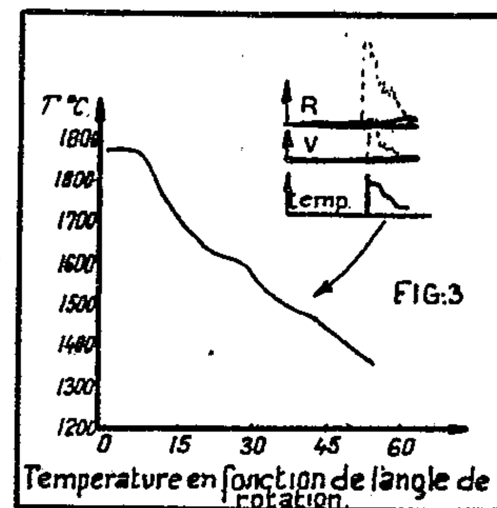


Fig. 3.

lequel le rapport des énergies émises dans deux domaines spectraux différents est fourni directement par deux cellules, avec écrans colorés, et amplification électronique dont la réalisation s'est révélée délicate.

Dans la présente Note, nous nous proposons de décrire un montage simple construit sur ce même principe. Dans cet appareil (*fig.* 1) le rayonnement émis par les gaz à l'intérieur de la chambre de combustion du moteur traverse tout d'abord une fenêtre de quartz, puis tombe sur un écran diffusant. Il est repris par une lentille qui le transforme en un faisceau de rayons parallèles; renvoyé à 90° par un prisme à réflexion totale, ce faisceau est ensuite fractionné en deux par un miroir semi-transparent. La fraction transmise traverse un

---

(²) *Z. Tech. Phys.*, 6, 1925, p. 530.

(³) *Voir* Ribaud, *Pyrométrie optique* (*Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 1931).

(⁴) *Industrial and Engineering Chemistry, Analytical edition*, 4, 1932.

(⁵) O. A. Uyehara, P. S. Myers, K. M. Watson et L. A. Wilson, *Transactions of the A. S. M. E.*, janvier 1946.

(⁶) P. S. Myers et O. A. Uyehara, *S. A. E. quarterly transactions*, octobre 1947.

écran vert interférentiel, tandis que la fraction réfléchie traverse un verre rouge Iéna RG 2.

Derrière chacun des écrans est placée une cellule photo-électrique du type multiplicateur d'électrons. Chacune de ces cellules est alimentée par une batterie de 10 piles de 100 volts constituant une source d'énergie très stable. La tension recueillie à l'anode des cellules est de l'ordre de 20 à 30 volts et permet d'attaquer directement les plaques déviatrices d'un tube cathodique. Un commutateur électronique permet de faire apparaître simultanément sur le tube les deux courbes correspondant aux deux circuits rouge et vert. La photographie 2 donne un exemple d'un tel enregistrement, réalisé sur un moteur Diesel tournant à 1000 t/mn, en fonction de l'angle de rotation.

L'appareil a été étalonné par visée sur une lampe pyrométrique à ruban de tungstène dont la température était déterminée au moyen d'un pyromètre Ribaud. Une correspondance étant ainsi établie entre la température et le rapport des intensités fournies par les deux cellules, les courbes obtenues représentatives des intensités sont traduites point par point, en températures (*fig.* 3).

Au cours du fonctionnement du moteur, la fenêtre de quartz se recouvre peu à peu d'un dépôt de carbone. Ceci entraîne une diminution lente de l'amplitude des courbes successives recueillies.

Une série de photographies étant faite, on met à profit cette diminution pour choisir celle des courbes dans laquelle les amplitudes sont voisines de celles observées lors de l'étalonnage sur la lampe pyrométrique. Ainsi utilisé, l'appareil se ramène à un montage de zéro, ce qui augmente la précision des mesures réalisées.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'impossibilité d'atteindre le zéro des températures absolues.* Note (*) de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans son ouvrage *Die theoretischen und experimentellen Grundlagen des neuen Wärmesatzes*, W. Nernst formule la proposition suivante : « Il n'existe aucun processus de dimensions finies par lequel on peut refroidir un corps jusqu'au zéro absolu ». Cette proposition évidente dans le cas où les chaleurs spécifiques ont des valeurs finies, différentes de zéro, demande d'être établie dans le cas où les chaleurs spécifiques s'annulent au zéro absolu. Les démonstrations qui en ont été données par Nernst et son école reposent sur des développements en séries suivant les puissances de la température absolue T au voisinage du zéro absolu et sur des hypothèses concernant la valeur des coefficients de ces développements. On démontre ainsi qu'on a sur l'adiabatique, au point $T = 0$,

(*) Séance du 7 mars 1949.

la relation $\delta T/\delta v = 0$, ce qu'on interprète en disant que pour avoir un abaissement très petit mais fini de la température absolue T, au voisinage du zéro, il faut un très grand changement du volume du corps. La démonstration que nous donnons ici de la proposition de Nernst est plus générale dans ce sens qu'elle est valable pour tous les cas, sans admettre des développements en séries suivant T, l'isotherme $T = 0$ étant une barrière pour les phénomènes de la chaleur.

On a pour un cycle de Carnot $T_2 = (T_1/Q_1)Q_2$. C'est la relation qui est à la base de la définition des températures absolues de Lord Kelvin. Sur l'isotherme $T_2 = 0$ on doit avoir $Q_2 = 0$. Soit dans le plan (p, v) ABCDA un cycle de Carnot, où AB et CD figurent les isothermes T_1 et $T_2 < T_1$ et BC et DA les adiabatiques, Q_1 et Q_2 étant les quantités de chaleur empruntées à la chaudière et cédées au réfrigérant.

En choisissant p et v comme variables indépendantes définissant l'état du corps, on a

$$dQ = dU(p, v) + p\,dv,$$

où $U(p, v)$ est l'énergie interne. Désignons par δp, δv les accroissements de p et v sur l'isotherme CD et par $\delta_1 p$, $\delta_1 v$ les accroissements correspondants sur l'adiabatique CB. On aura sur l'isotherme CD$(T = 0)$, d'après la définition même du zéro des températures absolues,

$$\frac{\partial U(p, v)}{\partial p}\delta p + \left(\frac{\partial U(p, v)}{\partial v} + p\right)\delta v = 0,$$

d'où l'on tire

$$\frac{\delta p}{\delta v} = -\frac{\left(\frac{\partial U(p, v)}{\partial v} + p\right)\frac{\partial u(p, T)}{\partial T}}{\frac{\partial U(p, v)}{\partial p} - \frac{\partial p(T, v)}{\partial T}}\,\frac{\frac{\partial p(T, v)}{\partial T}}{\frac{\partial v(p, T)}{\partial T}}.$$

En introduisant les expressions des chaleurs spécifiques C_p et C_v au moyen de $U(p, v)$, on aura

$$\frac{\delta p}{\delta v} = \frac{C_p}{C_v}\frac{\partial p(T, v)}{\partial v},$$

et comme la dérivée partielle de p par rapport à v n'est autre chose que $\delta p/\delta v$, on obtient en définitive

$$\lim \frac{C_p}{C_v} = 1 \quad \text{pour} \quad T = 0.$$

Choisissons maintenant T et v comme variables définissant l'état du corps. L'on aura

$$dQ = \left(\frac{\partial U(T, v)}{\partial v} + p\right)\frac{\partial v(T, p)}{\partial p}dp + \left[\frac{\partial U(T, v)}{\partial T} + \left(\frac{\partial U(T, v)}{\partial v} + p\right)\frac{\partial v(T, p)}{\partial T}\right]dT.$$

En tenant compte des expressions de C_p et C_v au moyen de $U(T, v)$, on aura

sur l'adiabatique CB

$$\frac{\delta_1 T}{\delta_1 v} = -\left(\frac{C_p}{C_v} - 1\right)\frac{\partial T(p, v)}{\partial v},$$

ce qui donne pour $T = 0$, puisque $\lim(C_p/C_v) = 1$,

$$\delta_1 T/\delta_1 v = 0.$$

C'est le résultat obtenu par Nernst, Bennewitz et d'autres, valable dans le cas des valeurs finies aussi bien que pour des valeurs de C_p et C_v tendant vers zéro avec T. Le rapport C_p/C_v variant très lentement, on peut poser

$$\frac{\delta_1}{\delta_1 v}\left(\frac{C_p}{C_v}\right) = 0,$$

ce qui donne de plus $\delta_1^2 T/\delta_1 v^2 = 0$.

ACOUSTIQUE. — *Sur le champ sonore produit par une source ponctuelle en mouvement rectiligne uniforme à vitesse supersonique dans un fluide parfait.* Note (*) de M. **Pierre Liénard**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Une source sonore ponctuelle non matérielle O crée, quand elle est au repos dans un milieu fluide de propagation sans amortissement où la célérité du son est c, un champ de pression

$$p = \frac{a}{r} e^{i\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)}.$$

Nous voulons calculer la pression sonore en un point quelconque de l'espace, fixe par rapport à la source, quand celle-ci se déplace à la vitesse constante $-V$ suivant l'axe Ox. Nous rapportons la figure de révolution obtenue aux axes orthogonaux Ox, Oy attachés à la source O.

2. Une surface d'onde émise à l'origine des temps est au temps t une sphère de section

$$F \equiv (x - Vt)^2 + y^2 - (ct)^2 = 0, \tag{1}$$

dont l'enveloppe est le *cône sonore* de section

$$y\sqrt{M^2 - 1} = \pm x \qquad (x > 0). \tag{2}$$

en posant $V/c = M > 1$.

En un point intérieur au cône, $y\sqrt{M^2 - 1} < x$, la pression est la somme algébrique

$$p(x, y) = \frac{a}{ct_1} e^{i\omega(t - t_1)} + \frac{a}{ct_2} e^{i\omega(t - t_2)},$$

t_1 et t_2 étant les racines de l'équation (1) en t.

(*) Séance du 7 mars 1949.

L'équation (3) peut se mettre sous la forme

$$p(x, y) = \mathrm{A}\cos(\omega t - \varphi)$$

avec

$$(4)\qquad \mathrm{A}^2 = \left(\frac{a}{c}\right)^2\left[\frac{1}{t_1^2} + \frac{1}{t_2^2} + \frac{2}{t_1 t_2}\cos\omega(t_1 - t_2)\right],$$

$$(5)\qquad \operatorname{tg}\varphi = \frac{t_2\sin\omega t_1 + t_1\sin\omega t_2}{t_2\cos\omega t_1 + t_1\cos\omega t_2}.$$

Nous utiliserons les coordonnées réduites suivantes, sans dimension :

$$(6)\qquad \left\{\begin{aligned} \varpi &= \frac{1}{2}\frac{c}{\omega}\frac{|p|}{a},\\ \tau &= \frac{\omega}{c}\frac{1}{\mathrm{M}^2 - 1}\sqrt{x^2 - (\mathrm{M}^2 - 1)y^2},\\ \xi &= \frac{\omega}{c}\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{M}^2 - 1}x. \end{aligned}\right.$$

Les équations (1), (4) et (5) s'écrivent alors

$$(7)\qquad \omega t = \xi \pm \tau,$$

$$(8)\qquad \xi^2 + \tau^2 + (\xi^2 - \tau^2)\cos 2\tau = 2\varpi^2(\xi^2 - \tau^2)^2,$$

$$(9)\qquad \tau\operatorname{tg}\tau = \xi\operatorname{tg}(\xi - \varphi).$$

3. *Les maxima relatifs de pression* sont les surfaces $\tau = 2\mathrm{K}(\pi/2)$, et les *minima* les surfaces $\tau = (2\mathrm{K} + 1)(\pi/2)$, c'est-à-dire, d'après (6), les nappes d'hyperboloïdes de révolution intérieures et asymptotiques au cône sonore $(x > 0)$ coupant l'axe $\mathrm{O}x$ aux abscisses respectives

$$2\mathrm{K}(\mathrm{M}^2 - 1)\frac{\lambda}{4} \quad \text{et} \quad (2\mathrm{K} + 1)(\mathrm{M}^2 - 1)\frac{\lambda}{4}, \qquad \left(\lambda = \frac{2\pi c}{\omega}\right).$$

La pression décroît quand on s'éloigne du sommet.

Sur l'axe du cône, $\xi = \mathrm{M}\tau$, la pression est la somme de deux composantes de même pulsation ω, l'une de vitesse $c(\mathrm{M}^2 - 1)/\mathrm{M}$, modulée dans l'espace avec la longueur d'onde $\lambda(\mathrm{M}^2 - 1)$, l'autre d'amplitude décroissante comme $1/x$ et de vitesse $c(\mathrm{M} + 1)$.

Sur une génératrice du cône, $\tau = 0$, la pression est celle d'une seule onde progressive de vitesse $c\sqrt{\mathrm{M}^2 - 1}$.

Le rapport des deux valeurs extrêmes

$$\frac{\xi}{\xi^2 - \tau^2} \quad \text{et} \quad \frac{\tau}{\xi^2 - \tau^2}$$

atteintes par la pression réduite ne dépend que de y/x, donc *le rapport des pressions efficaces maximum et minimum* rencontrées sur une droite passant par la source O est une *constante*, qui prend en particulier la valeur M sur l'axe, et tend vers l'infini quand on s'approche d'une génératrice.

La *pression quadratique moyenne* est

$$\mathfrak{P} = \frac{a}{c\sqrt{2}}\sqrt{\frac{1}{t_1^2} + \frac{1}{t_2^2}},$$

soit, en coordonnées polaires, $x = \rho\cos\theta$, $y = \rho\sin\theta$

$$\mathfrak{P} = \frac{a}{\rho}\sqrt{M^2\cos 2\theta + 1}.$$

Les courbes $\mathfrak{P} =$ const. ont une forme analogue à celle d'une boucle de lemniscate.

4° Les surfaces de *phase constante* sont définies par l'équation (9). Dans le plan ξ, τ, ces courbes sont des ondulations autour des droites $\tau = \xi - K\pi$, d'autant plus ondulées que K est plus grand.

Dans le plan x, y, les méridiens des surfaces d'égale phase sont des courbes ondulées autour de cercles, tangents aux génératrices du cône sonore, dont les centres ont pour abscisse $KM\lambda/2$. Pour K entier, les intersections de chacun de ces cercles avec chacune de ces hyperboles méridiennes des hyperboloïdes précédents, lieux des maxima ou minima de pressions, sont des points d'inflexion de la courbe $\varphi = K\pi$. En deux points d'inflexion successifs d'une même courbe, les tangentes sont approximativement orthogonales. Les abscisses des divers points d'inflexion sont $K'(M^2 - 1)\lambda/4M$, K' étant entier.

On peut donc représenter ainsi, en amplitude et phase, par les équations citées et des graphiques faciles à tracer avec les remarques ci-dessus, le champ de pression dans le cône sonore.

IONISATION DANS LES GAZ. — *Température de la tache cathodique d'un arc à mercure*. Note (*) de M. **André Lutz**, présentée par M. Jean Cabannes.

Cette question a déjà fait l'objet de nombreux travaux ([1]). A l'origine on admettait pour tous les arcs une émission thermoélectronique à la cathode. Étant données les difficultés d'application de cette théorie à certains arcs comme l'arc à mercure précisément, on tend de plus en plus à l'abandonner pour ceux-ci. On admet alors une émission électronique à la cathode due à l'existence d'un champ électrique très intense au voisinage immédiat de la cathode. La plupart des auteurs qui se sont occupés de la température de la tache ont déduit celle-ci de l'étude de la vitesse d'évaporation du mercure à la cathode de l'arc, et les résultats varient beaucoup avec les conditions d'observation.

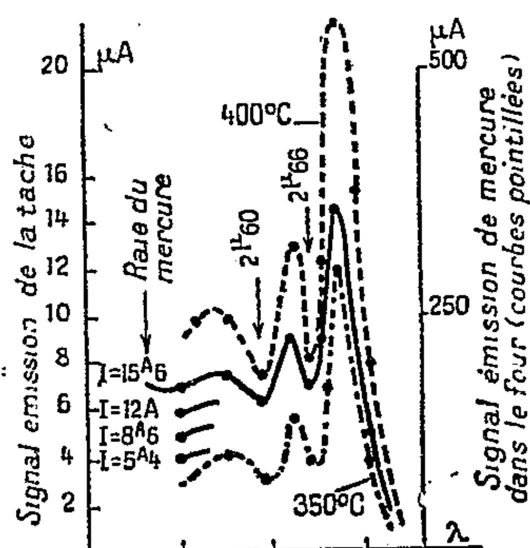
J'ai recherché directement la répartition de l'énergie dans le spectre infra-

(*) Séance du 31 janvier 1949.

([1]) Seeliger, *Phys. Zeits.*, **27**, 1926, p. 22; Compton, *Phys. Rev.*, **37**, 1931, p. 1077; Tonks, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 634 (en particulier).

rouge émis par la petite surface de mercure occupée par la tache, et j'ai comparé le spectre obtenu avec le spectre d'émission du mercure porté à une température connue.

Appareillage. — L'arc à mercure est constitué par une ampoule de pyrex scellée et alimentée en continu; l'anode de graphite permet un débit de 20 A environ. L'arc est amorcé à partir d'un régime de décharge non autonome dans la vapeur. La tache cathodique est fixée magnétiquement (²) au centre du compartiment cathodique matérialisé par le sommet de l'angle droit d'une tige de pyrex solidaire des parois et à demi immergée dans le mercure. Au-dessus de la cathode et parallèlement à sa surface se trouve une fenêtre plane de quartz. Le spectromètre est à déviation constante, à miroirs aluminés et prisme de quartz. L'image de la tache cathodique est formée sur la fente d'entrée, l'image de la fente de sortie sur une cellule photorésistante au sulfure de plomb prise comme récepteur infrarouge. Le flux lumineux est modulé à la fréquence 100 par un disque à fente entraîné par un moteur synchrone. Le signal amplifié par un amplificateur sélectif, est redressé à la sortie par un redresseur mécanique synchrone, claveté directement sur l'arbre du moteur d'entraînement du disque modulateur. Le signal transposé de fréquence zéro est lu sur un microampèremètre polarisé ordinaire. A la sortie du redresseur, un filtre passe-bas, très efficace, réduit la bande passante à un cycle environ.



Résultats. — L'énergie infrarouge pour une bande spectrale déterminée, imposée par une position du spectromètre, croît avec le temps compté à partir de l'instant d'allumage. L'équilibre thermique à la surface du mercure d'une part, sur la fenêtre de quartz soumise à un intense bombardement d'électrons et d'atomes neutres d'autre part, n'est atteint qu'au bout de 20 minutes environ. La séparation des deux sources d'émission est très facile; il suffit d'inverser le champ magnétique pour fixer la tache en un autre point de la cathode; à ce moment son image ne se forme plus sur la fente d'entrée du spectromètre. Le mercure sous la fenêtre de quartz est alors à une température voisine de 100° C.

(²) LONGINI, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 642.

et n'émet pratiquement pas dans la bande spectrale considérée. La fenêtre plane devient la seule source d'infrarouge. De même, l'extinction de l'arc après l'obtention de l'équilibre, la tache étant fixée au centre de la cathode, met en évidence une décroissance très rapide du signal pendant les premières secondes qui correspond à la diminution également très rapide de la température du mercure, puis une décroissance beaucoup plus lente en fonction du temps correspondant au refroidissement de la fenêtre de quartz.

L'ampoule est prise à la température ambiante. Pendant les premiers instants de l'allumage, la tache émet pratiquement seule, la fenêtre de quartz n'est pas encore portée à une température suffisante; deux minutes après allumage la courbe de répartition de l'énergie dans le spectre est représentée par la figure ci-jointe. Les deux bandes d'absorption sont celles de la vapeur d'eau atmosphérique. L'allure de la courbe est indépendante de l'intensité I dans l'arc, donc dans ces conditions la température est indépendante de I. Pour une bande spectrale déterminée, l'ordonnée de cette courbe de répartition est proportionnelle à $\sqrt{I}$. Puisque la tache n'intéresse pas toute la hauteur de la fente d'entrée, cette augmentation du signal à température constante provient de l'augmentation de la surface émettrice. Si celle-ci est supposée circulaire, la loi précédente montre que la surface émettrice est proportionnelle à I.

Enfin, pour permettre la comparaison indiquée au début de cette Note, une ampoule scellée sous vide présentant une fenêtre plane de quartz est placée dans un four électrique; la répartition d'énergie dans le spectre émis par le mercure qu'elle contient est relevée pour différentes températures-courbes pointillées.

La comparaison des courbes montre que la tache fixée est à une température voisine de 400°C. très peu de temps après l'allumage. On peut supposer que la tache mobile d'un arc ordinaire se trouve à une température voisine.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *Coefficient de température et variation spectrale du facteur de dépolarisation de la diffusion Rayleigh dans le benzène liquide.* Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. La dispersion de l'anisotropie optique moléculaire a généralement échappé jusqu'ici aux tentatives de détermination expérimentale fondées sur l'étude de la diffusion Rayleigh (¹). Toutefois, en 1936, Krishnan (²) a cru déceler la dispersion de la dépolarisation ρ dans quelques liquides, le cas le plus net étant celui de l'acide formique pour lequel elle varierait de 0,470

(¹) J. Cabannes, *Diffusion moléculaire*, 1929, p. 249.
(²) *Proc. Ind. Ac. Sc.*, 3, 1936, p. 566.

pour λ 4358 à 0,528 pour λ 2537; mais, dans le bleu, ses résultats ne s'accordent ni avec ses propres mesures antérieures, donnant 0,530 ([3]), ni avec celles plus récentes de Peyrot, qui indiquent 0,528 ([4]).

2. Des mesures photographiques très précises m'ont permis de mettre nettement en évidence la dispersion de ρ dans l'étendue du spectre visible pour un échantillon de benzène très pur non fluorescent.

La source était une fraction bien délimitée de l'image d'une lampe SP 500, projetée par un objectif bien corrigé donnant un faisceau très peu convergent (correction de convergence nulle).

Les raies du mercure étaient isolées par des combinaisons de filtres liquides ou solides placés soit sur le faisceau incident, soit sur le diffusé, soit par moitié sur chacun d'eux.

Les plages enregistrées sur film ont été mesurées avec un densitomètre photoélectrique spécialement étudié.

Chaque mesure, faite par la méthode de Cornu, comporte 8 poses permettant de déterminer par interpolation les 4 positions symétriques d'égalité des deux images I et i.

3. Le coefficient de température a été déterminé pour la raie indigo et pour la lumière totale ($\lambda_\varphi = 4650$ Å) par deux séries de mesures échelonnées de 10 en 10 degrés de 20 à 50° C. La température du liquide était maintenue constante à 0°1 près par un thermostat à circulation d'air chaud commandé par un thermomètre à contacts.

Les deux séries en très bon accord donnent

$$\rho(t) = \rho(21^\circ 0) - \underset{\pm\ 2\ \text{e. p.}}{1,36}.10^{-3}(t - 21^\circ 0) - \underset{\pm\ 2\ \text{e. p.}}{0,18}.10^{-3}(t - 21^\circ 0)^2.$$

La réalité du terme carré est certaine; les erreurs probables sont estimées.

4. La détermination de la variation spectrale, sur les valeurs réduites à 21°0 C. est compliquée par l'existence des raies Raman, dont l'influence sur ρ varie beaucoup suivant la radiation envisagée et la position des filtres sur l'incident ou le diffusé. Cette influence pourrait être calculée exactement dans chaque cas si les dépolarisations et les intensités Raman étaient connues; malheureusement les quelques données existantes sur les intensités relatives Raman-Rayleigh sont très discordantes ([5]).

Un calcul préliminaire, fondé principalement sur les valeurs de Daure ([6]), a permis pourtant de choisir, parmi une cinquantaine de mesures, celles obtenues dans les conditions où ρ mesuré se rapproche sans doute le plus de la

---

([3]) *Phil. Mag.*, 1, 1925, p. 697.

([4]) *Ann. de Phys.*, (II), 9, 1938, p. 360.

([5]) A. V. Rao, *Zeits. f. Phys.*, 97, 1935, p. 154.

([6]) *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 375.

valeur ρ_0 relative à la seule diffusion Rayleigh (raie Rayleigh + spectre Cabannes-Daure) et d'en déduire cette dernière par une correction minimum.

Les résultats sont les suivants :

λ_Φ.	5800.	5450.	4650.	4350.
ρ	0,4255	0,4275	0,4345	0,4365
e. p.	± 10	± 10	± 5	± 5
ρ_0	0,4280	0,4285	0,4345	0,4375
μ	1,5018	1,5053	1,5163	1,5227
k_0	4,83	4,82	4,86	4,88
e. p.	± 2	± 2	± 1	± 1

La dernière ligne donnant la valeur du rapport

$$k_0 = \frac{\rho_0}{6 - 7\rho_0} : \frac{\mu^2 - 1}{\mu^2 + 2}$$

(μ, indice de réfraction) montre que celui-ci est à peu près constant ($\bar{k}_0 = 4,85 + 0,01$ e. p.) dans la limite de précision des mesures, conformément à la relation théorique entre le facteur de dépolarisation et la constante de Kerr [1].

La variation de ρ_0 en fonction de λ est bien représentée par

$$\rho_0 = 0,4135 + 0,0045\,\lambda^{-2} \qquad (\lambda \text{ en microns}).$$

Le coefficient de λ^{-2} est sensiblement supérieur à celui qu'on peut déduire des mesures de Mac Comb sur la dispersion de l'effet Kerr [1] à l'aide de la formule de Havelock (0,027), mais il est notablement inférieur à celui (0,090) que donne la formule de dispersion

$$\delta^2 = \delta_0^2 \left(1 + \frac{2\lambda_0^2}{\lambda^2}\right),$$

δ et δ_0 désignant les anisotropies moléculaires pour la longueur d'onde incidente et pour la longueur d'onde $\lambda_0 = 1310$ Å qui intervient dans la formule de dispersion du benzène liquide.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la systématique des noyaux.*

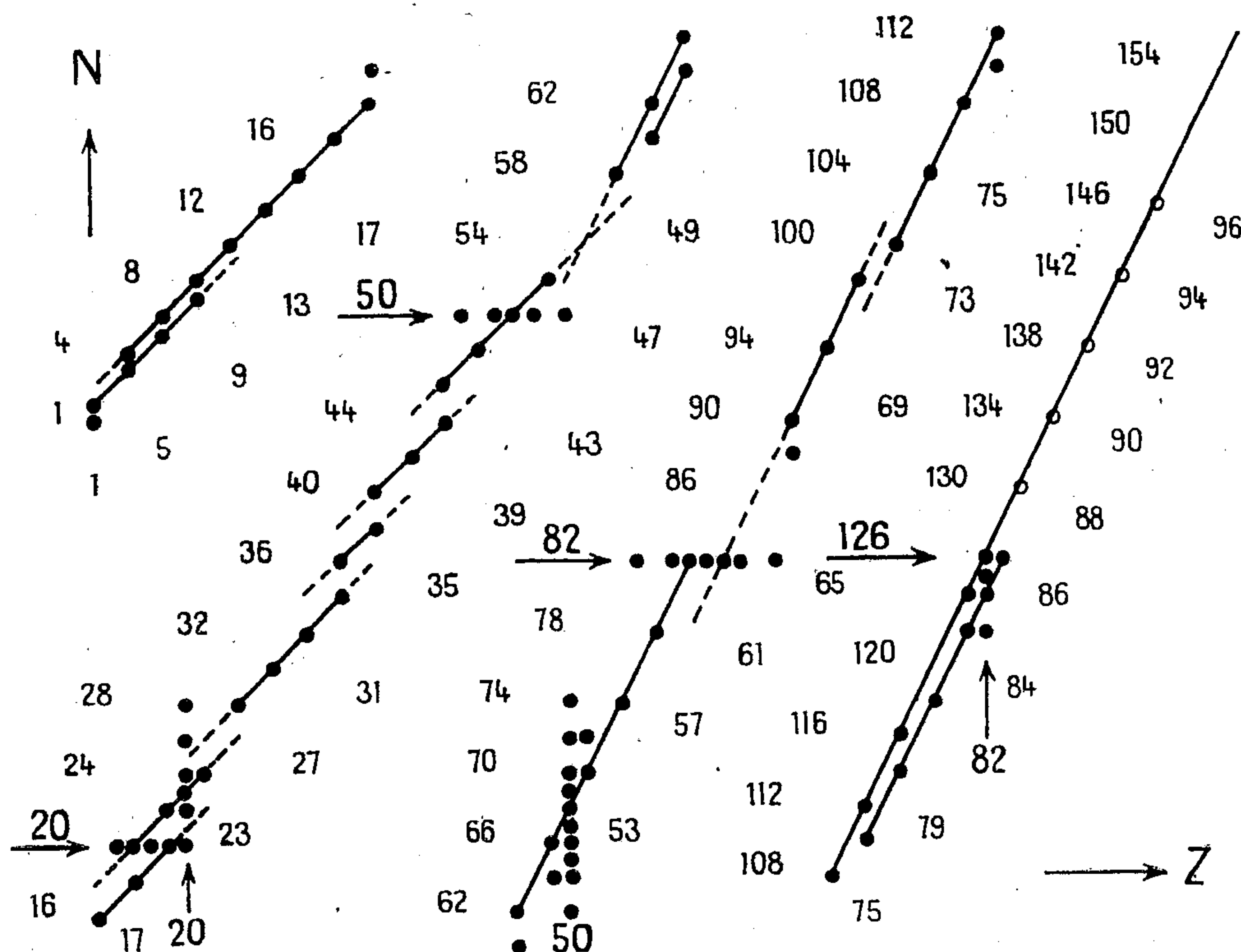
Note (*) de M. **André Broniewski**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1° On sait qu'une simple inspection du diagramme des noyaux stables rend compte de la double tendance à la formation des isotopes, qui s'édifient soit par adjonction d'un seul neutron, soit de deux neutrons, pour chaque proton ajouté [1]. Nous avons indiqué dans le plan N-P (*voir* figure) les noyaux stables

(*) Séance du 7 mars 1949.

[1] *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1542.

de Z impair qui, n'étant représentés que par un ou deux isotopes permettent de préciser les domaines de validité de ces deux tendances. Sur les droites de pente 1 se placent les noyaux qui s'accroissent d'un seul neutron pour chaque proton ajouté, sur les droites de pente 2 on trouve les noyaux qui s'adjoignent deux neutrons par proton. On constate que jusqu'au niobium ($Z = 41$) tous les noyaux stables de Z impair se placent sur des droites de pente 1 décalées les unes par rapport aux autres dans le sens des *neutrons* croissants, c'est-à-dire que quand Z augmente, ou passe d'une droite à la suivante par adjonction de 1



ou de 2 neutrons. Pour les valeurs de $Z > 41$, tous les noyaux de Z impair stables se placent sur des droites de pente 2 décalées dans le sens des *protons* croissants. Nous avons tracé ces différentes droites en tenant compte des noyaux de Z pair, ce qui guide dans quelques cas incertains, où les noyaux de Z impair peuvent être reliés entre eux aussi bien par des droites de pente 1 que de pente 2.

2° Il est intéressant de voir comment se situent les différents segments de nos droites par rapport aux *nombres magiques* de 20, 50, 82 et 126 neutrons et protons (1), (2). On s'aperçoit que ces nombres, pour les neutrons, se placent aux points de discontinuité des droites qui à cet endroit se décalent les

(2) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 235.

unes par rapport aux autres. Par contre, il semble que les nombres magiques pour les protons se situent sensiblement au milieu des droites, ce qui est très net pour le chiffre 50. Examinons le cas de 82 protons : pour les valeurs de $Z > 82$ nous sommes dans la région de l'instabilité naturelle, cependant nous avons remarqué ([3]) que les noyaux de Z pair, radioactifs α, à vie très longue, se placent sur une droite de pente 2 qui passe par le Pb 208 et cette droite se continue du côté des $Z < 82$ où elle intéresse 6 noyaux stables de Z impair. Insistons que c'est à la rencontre au même point de deux *nombres magiques* (82 protons et 126 neutrons du Pb 208) qu'est dû le haut degré de condensation de ce noyau dont la conséquence semble être la brusque apparition de la radioactivité naturelle pour les noyaux de $Z > 82$.

3° Examinons le cas des noyaux de $Z = 43$ et 61 qui n'ont pas d'isotopes stables. On s'aperçoit sur la figure que les noyaux de ces éléments doivent contenir en plus des couches complètes de 50 et 82 neutrons, quelques *neutrons extérieurs* donc peu fortement liés et ayant tendance à subir la radioactivité β^-. L'isotope stable de l'élément $Z = 41$ possède bien cependant $50 + 2$ neutrons il est possible néanmoins d'écarter cette difficulté par des considérations de pente. L'isotope stable en question est le dernier qui se situe sur une droite de pente 1, tandis que pour les Z supérieurs on a l'apparition de la pente 2, si bien que l'élément 43 tombe à la limite de validité de deux régimes de stabilité différents, ce qui, peut être, ajouté à l'effet précité, explique son absence dans la nature. L'isotope du Rubidium de vie très longue (Rb 87) a deux neutrons en trop pour être stable (ce qui se voit de suite sur la figure), c'est donc un émetteur β^- dont la grande stabilité se rattache à sa couche saturé de 50 neutrons ([2]). Le Cs 137 possède 4 neutrons en trop, mais présentant la configuration privilégiée de 82 neutrons il est encore assez stable (sa période est de 33 ans) sans l'être autant, ce qui est normal, que le Rb 87. L'isotope de longue vie de Potassium, K 40, se situe entre deux droites de pente 1 aussi a-t-il tendance à tomber sur l'une ou l'autre de ces droites par une transition β^- ou capture K.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de photoélectrons dans les plaques photographiques.* Note (*) de M. **Jacques Blum**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai entrepris l'étude des photoélectrons émis dans les plaques photographiques par l'action de rayons X monochromatiques, obtenus à l'aide d'un spectrographe à cristal courbé ([1]).

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 174.

(*) Séance du 7 mars 1949.

([1]) Ce travail est effectué à l'aide des montages du laboratoire de Chimie physique de Paris et suivant une suggestion de Mlle Cauchois.

Les plaques, Kodak NT2*a* (²), ont été placées tangentiellement au cercle de focalisation du spectrographe et irradiées à peu près normalement. Elles furent ensuite examinées avec un microscope à grand pouvoir de résolution. Les pointages ont été effectués juste au bord des raies spectrales. Dans les conditions de ces premières expériences, un voile trop important empêchait de les faire au centre des raies. J'ai mesuré les traces qui étaient entièrement contenues dans le champ de vision. Ces traces sont formées de 3 à 7 grains d'argent.

J'ai mesuré jusqu'à présent 122 traces le long des raies $AgK\alpha_1 - \alpha_2$ et 68 le long de $AgK\beta_1$.

L'interprétation la plus probable des résultats est la séparation des traces en trois groupes dont les longueurs sont respectivement comprises :

pour $K\alpha$, entre	1 et 2^{μ}	2 et 3^{μ}	3 et 5^{μ}
pour $K\beta$, entre	1 et $2^{\mu},5$	2,5 et $3^{\mu},5$	3,5 et 5^{μ}

On peut évaluer la précision sur les longueurs à $\pm 0^{\mu},3$ environ.

Les électrons ont été arrachés des atomes composant l'émulsion par l'effet photoélectrique des rayons X rigoureusement monochromatiques, ainsi que par effet Auger. Dans ce dernier cas, leurs énergies sont ici très faibles, sauf lorsqu'ils proviennent du brome qui, pour la couche K, donne des énergies comprises entre 9,5 et 13 KeV, comparables à celle des photoélectrons.

En effet, l'énergie des photons incidents étant pour les raies $K\alpha_1 - \alpha_2$ de 22 et pour $K\beta_1$ de 25 KeV, le tableau suivant montre les vitesses des photoélectrons primaires émis, en fonction de la couche et de l'atome ionisé.

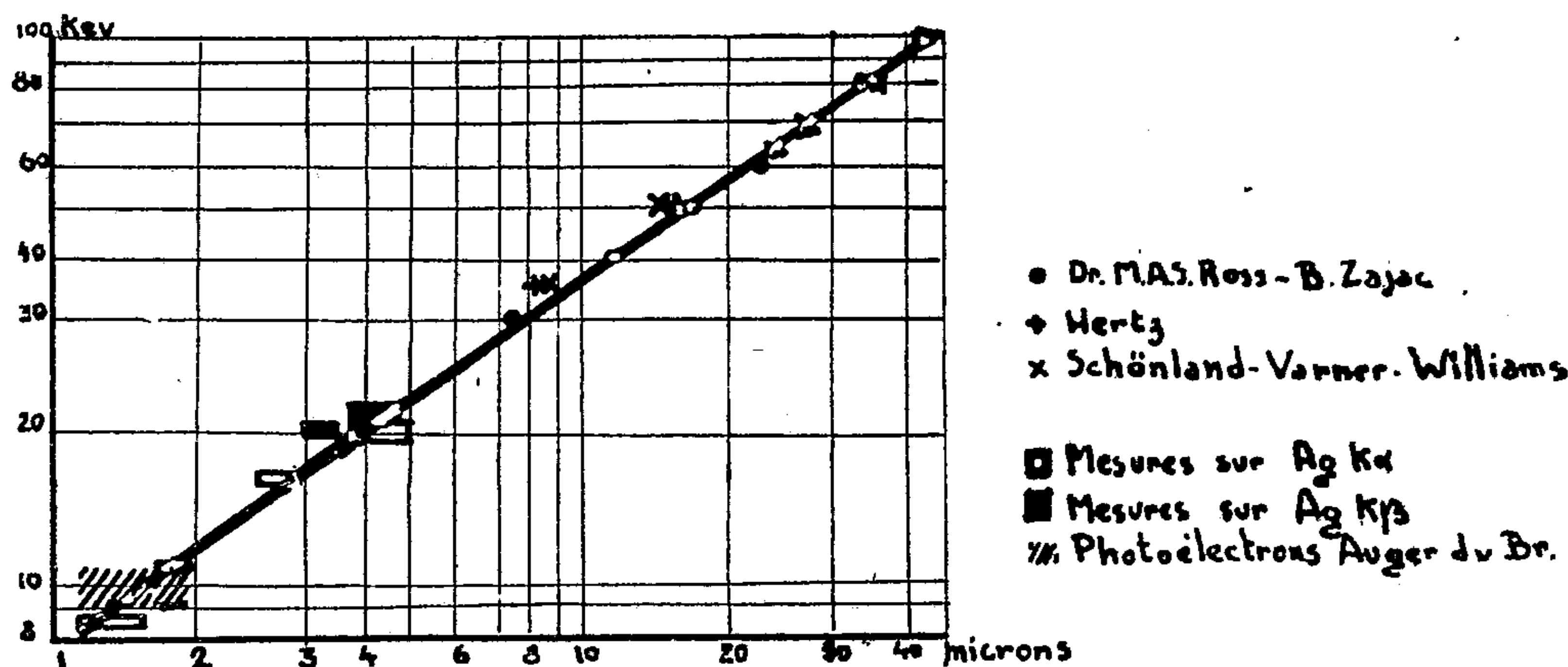
	En couches.	Kα (KeV).	Kβ (KeV).
Brome	K	8,5	11,5
Iode	L	17	20
Argent	L	18,3	21,3
Brome	L	20,2	23,2
Ag, Br, I	extérieures	21 à 22	24 à 25
Éléments légers			

D'après ces nombres, on peut voir que le groupe des traces les plus courtes proviendrait de l'ionisation de la couche K du brome, ainsi que des photoélectrons Auger de même origine; le groupe moyen serait dû aux photoélectrons extraits des couches L de l'argent et de l'iode; les traces les plus longues auraient pour origines, d'une part les atomes légers, d'autres part les couches extérieures des atomes plus lourds.

(²) Ces plaques m'ont été fournies et furent développées par M. Cüer qui, avec M. Morand, m'a enseigné la technique des plaques nucléaires.

Le nombre des traces observées dans chaque groupe est en accord avec l'ordre de grandeur donné par les coefficients d'absorption.

On peut alors tracer une courbe des longueurs des traces en fonction de leur énergie (*fig.* 1). J'y ai porté les résultats trouvés par Marion A. S. Ross et B. Zajac (³) avec un spectrographe à rayons β, ceux de Hertz (⁴) avec des



rayons X simplement filtrés, ainsi que les valeurs déterminées par Schönland (⁵), Varder (⁶) et Williams (⁷). Les résultats obtenus ici sont en accord avec ceux de ces auteurs qu'ils prolongent vers les faibles énergies (de 8 à 25 KeV).

De plus, on observe une certaine quantité de traces très courtes et très ionisantes provenant de photoélectrons Auger de faibles parcours. On voit également un certain nombre d'étoiles à 2 et 3 branches dont les longueurs sont de l'ordre du micron et par suite connues avec peu de précision. Il est difficile d'expliquer ces étoiles, particulièrement les étoiles triples; certaines cependant pourraient provenir de l'ionisation simultanée ou plutôt successive de deux atomes, brome et argent, d'un même grain de bromure d'argent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la variation des propriétés des acétates de cellulose au cours de leur désacétylation homogène par l'ammoniaque.* Note (*) de MM. **Jean Rosset** et **René Paris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

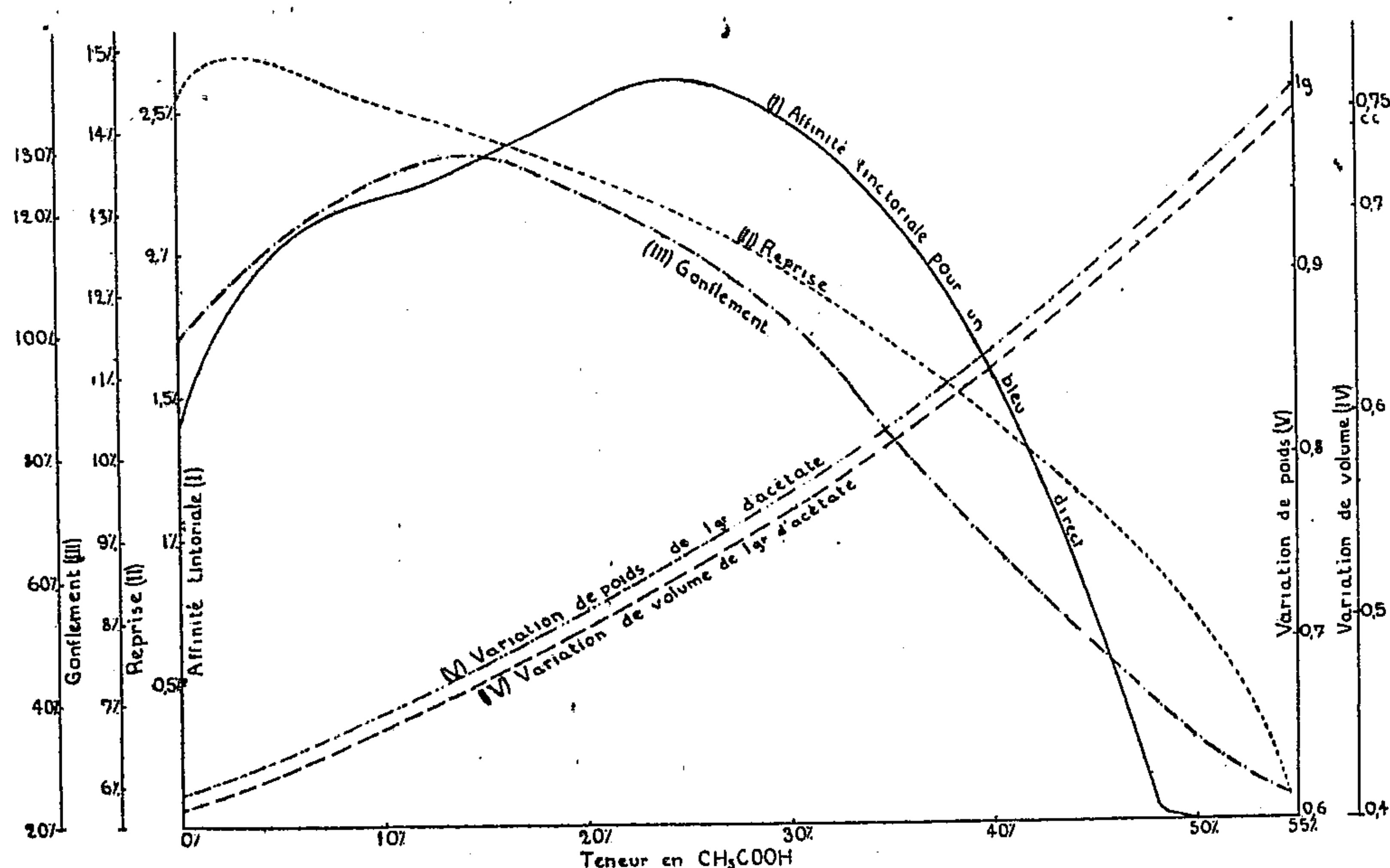
Nous avons signalé dans une Note précédente (¹) un fait nouveau et curieux: l'affinité pour les colorants directs des rayonnes d'acétate passe par un maxi-

(³) *Nature*, 162, 1948, p. 922.
(⁴) *Nature*, 161, 1948, p. 948.
(⁵) *Proc. Roy. Soc.*, A, 104, 1923, p. 235; A, 108, 1925, p. 187.
(⁶) *Phil. Mag.*, 29, 1925, p. 726.
(⁷) *Proc. Roy, Soc.*, A, 130, 1931, p. 310.

(*) Séance du 7 mars 1949.
(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 663.

mum au cours de leur désacétylation. Afin d'essayer de donner une interprétation de ce phénomène, nous avons soumis les échantillons de fibre plus ou moins désacétylés, à des mesures de reprise d'humidité en air conditionné, de gonflement, de surface et de densité. Les essais ont été effectués sur de la bourre d'acétate traitée par l'ammoniaque dans des conditions d'agitation, de température, de dilution, de durée et de volume de bain, qui seront précisées dans un Mémoire ultérieur, mais qui nous ont permis d'obtenir une quarantaine d'échantillons homogènes dont le taux d'acide varie de 54,5 à 0 % (cellulose régénérée).

1. *Variation de l'affinité tinctoriale.* — La courbe I exprime la quantité de



colorant fixé sur un poids constant de fibre dans des conditions identiques de teinture (valeurs déterminées à l'électrophotomètre sur les solutions de colorant désorbé) ([1]). Un maximum assez aplati apparaît pour un taux d'acide acétique situé entre 22 et 27 %, donc un peu en dessous de ce qui correspondrait au monoacétate (29,4 %). Tous les colorants directs essayés (bleu, vert, jaune, orangé, rouge), donnent lieu à des courbes semblables. Remarquons que l'affinité tinctoriale de la cellulose régénérée, déjà bien supérieure à celle d'une viscose, est très rapidement accrue par un très faible taux d'acide acétique (1 à 2 %).

2. *Variation du taux de reprise.* — La reprise d'humidité en atmosphère conditionnée à 18°C. et 65 % d'humidité relative augmente légèrement pour de faibles teneurs en acide acétique et diminue ensuite très régulièrement jusqu'au diacétate (courbe II).

3. *Variation du gonflement.* — Le taux de gonflement de la fibre déterminé

par centrifugation de la fibre humide manifeste un maximum très accusé (courbe III) beaucoup trop éloigné du maximum d'affinité tinctoriale pour qu'on puisse envisager une relation entre ces deux phénomènes.

4. *Mesure des surfaces.* — Les isothermes d'adsorption d'azote à — 195° C. présentent un médiocre intérêt : comme la viscose, les échantillons examinés, non poreux à l'azote, accusent une faible surface (de 0,4 à 0,6 m^2/g) du même ordre de grandeur que la surface géométrique de la fibre.

5. *Variation de la densité.* — Mesurées dans l'hélium, suivant une technique qui sera décrite ailleurs, les densités des échantillons varient régulièrement au cours de la désacétylation. Les courbes IV et V, qui représentent respectivement les variations de volume de 1^g d'acétate (déduites des densités) et les variations de poids calculées de 1^g d'acétate initial, sont deux hyperboles sensiblement parallèles prouvant que la variation de volume de la fibre est proportionnelle à sa perte de poids. Le brin d'acétate subit donc une contraction régulière au cours de sa désacétylation.

Aucune des propriétés examinées ne permet donc d'interpréter immédiatement l'anomalie de teinture signalée. Des études de structure, actuellement en cours, nous fourniront peut-être des résultats plus exploitables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formation de composés oxoniens à partir des alcools et des acides. Hypothèses sur l'estérification.* Note (*) de M. **Albert Tian**, présentée par M. Louis Hackspill.

Lorsqu'on mélange de l'acide sulfurique à un alcool tel que l'éthanol, le vif dégagement de chaleur et la contraction qui se manifestent semblent indiquer la formation immédiate d'un composé précédant l'obtention du sulfate acide alcoolique SO_4RH. J'ai constaté que la contraction maximum se produit pour les proportions SO_4H_2, 2 ROH.

Une autre constatation a pu être faite : un excès d'acide détermine une estérification extrêmement rapide et, par suite, inexplicable [1]. Je vais essayer, en faisant les deux hypothèses suivantes, de justifier ces phénomènes et, en même temps, de proposer un mécanisme possible de l'estérification.

1° Le composé formé immédiatement par action de l'acide sur l'alcool ROH serait le sel d'oxonium $SO_4[\mathbf{O}H_2R]_2$ [2]. Ce sel, analogue aux sels d'ammonium, serait formé comme eux avec un grand dégagement de chaleur et contraction. La réaction se ramènerait donc d'une manière générale au schéma.



(1) $$H^+ + ROH \rightleftharpoons [\mathbf{O}H_2R]^+$$

(*) Séance du 7 mars 1949.

(1) A. Tian, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 836.

(2) L'ion central oxygène coordonnant les éléments de l'ion complexe est représenté en caractères gras.

réaction qui serait réversible, car un excès d'eau libère l'acide et l'alcool et d'ailleurs la courbe de contraction présente un sommet arrondi ce qui est l'indice d'une réaction incomplète ([3]).

2° L'ion complexe $[OH_2R]^+$ se déshydraterait ensuite par une réaction énergiquement limitée par la réaction inverse



(II*a*) $$[OH_2R]^+ \rightleftharpoons R^+ + H_2O.$$

L'ion alcoyle ainsi libéré ne serait qu'en très petite quantité et ne resterait pas lui aussi, en équilibre. Il s'unirait à l'anion par transformation d'une électrovalence en covalence



(II*b*) $$SO_4^{--} + R^+ = (SO_4R)^-,$$

ce qui conduit finalement au sulfate acide alcoolique.

Ces hypothèses rendraient compte du mécanisme de l'estérification et des faits qui l'accompagnent : 1° formation d'un composé précédant l'estérification et qui, comme celle des composés oxoniens, s'effectue avec un grand dégagement de chaleur et contraction; 2° proportions indiquées pour ce composé par la contraction maximum ([4]); 3° existence de l'anomalie que j'ai signalée : en effet, en vertu de la réaction réversible (II*a*), un excès d'acide fort, par son action déshydratante accentuerait la libération des ions R^+ et, par suite, grâce à (II*b*), l'accroissement de la vitesse d'estérification.

Généralisation. — La théorie précédente est naturellement valable pour tous les acides forts. Mais elle est inacceptable dans le cas d'un acide organique R'CO.OH. En effet, la réaction (II*b*) ne peut être évoquée, car la concentration de l'anion $RCOO^-$ est extrêmement faible, surtout en présence d'une petite quantité d'acide fort (ajouté comme catalyseur), ce qui, au surplus, loin de diminuer la vitesse de réaction, la fait croître. Il faut plutôt admettre l'hypothèse émise par Williams et Truesdall ([5]) et reprise par W. H. Carotters ([6]), puis par C. Prévost et Kirrmann ([7]), de la scission de l'acide en RCO^+ et OH^-, ce qui rend compte de la présence, dans l'eau éliminée par estérification, de l'oxhydryle de l'acide et non celui de l'alcool. Le composé oxonien, formé

([3]) A. TIAN, *Comptes rendus*, 208, 1944, p. 626.

([4]) Le système qui donne la contraction maximum étant SO_4H_2, 2ROH, on pourrait admettre pour formule du composé $SO_4H[O.H.R_2]$. Mais, dans le cas de l'éthanol, ce sel étant le produit de l'action de l'acide sulfurique sur l'oxyde d'éthyle (*Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 626), serait décomposé par un excès d'eau comme je l'ai montré (*Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 351) en acide et en éther. Or, ici, l'eau donne de l'alcool et pas d'éther.

([5]) *Amer. Chem. Soc.*, **45**, 1923, p. 1348.

([6]) *Amer. Chem. Soc.*, **46**, 1924, p. 2226.

([7]) C. PRÉVOST et KIRRMANN, *Bull. Soc. Chem.*, **49**, 1931, p. 194.

d'abord par addition, serait alors l'hydroxyde OH[O.H.R.R'CO] [8] qui, par déshydratation, donnerait finalement l'ester R'CO.OR. La lenteur de l'estérification serait probablement imputable à la faible concentration des radicaux acides libres R'CO.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la détermination expérimentale de la courbe énergie-distance du complexe : électrode-ion sec.* Note (*) de M. **Maurice Bonnemay** et Mlle **Antoinette Hamelin**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente, l'un de nous [1] a montré que, dans l'hypothèse où les courbes énergie potentielle-distance des complexes électrode-ion, qui interviennent dans les processus d'électrode, étaient assimilées à des paraboles $y = ax^2$ (1) et $y = bx^2$ (2) au voisinage de leur minimum pris pour origine, il était possible de calculer, à partir des données de l'expérience, le rapport des constantes a/b.

En réalité, l'hypothèse simplificatrice n'est plus admissible pour le complexe ion sec-électrode quand la surtension prend des valeurs importantes. En effet, le calcul de a/b est basé sur le fait que le point d'intersection I des deux courbes se trouve dans la partie parabolique de chacune d'elles; or, quand s'élève la surtension, la courbe électrode-ion solvaté [*fig.* 1, courbe (2)] s'élève par rapport à la courbe électrode-ion sec, et le point d'intersection I vient en I', et ainsi se déplace vers le minimum de la parabole l'hypothèse sur laquelle le calcul de a/b est basé, est donc d'autant plus vraie pour la courbe (2), et d'autant plus inexacte pour la courbe (1), que la surtention est elle-même plus grande.

Dans ces conditions, si le calcul montre qu'à partir d'une certaine surtension le rapport a/b n'est plus constant, on l'attribuera au fait que l'hypothèse précitée n'est plus valable et que la courbe (1) ne doit plus être assimilée à une parabole.

Il est alors possible de déterminer expérimentalement la courbe (1) en admettant que (2) demeure une parabole, ce qu'on est en droit de faire d'après les remarques du second paragraphe. Auparavant, rappelons que l'expérience conduit à la détermination d'une grandeur β, appelée coefficient de transfert d'énergie [2], fonction des pentes des courbes (1) et (2) au point d'intersection I [3]

$$(3') \qquad \beta = \frac{1}{1 - \dfrac{\varphi'(x)_I}{f'(x)_I}}.$$

$f(x)$ et $\varphi(x)$ représentant les courbes (1) et (2). Quand la surtension s'élève de $d\eta$; la courbe (2) s'élève de $F\,d\eta$, F étant le Faraday, l'ordonnée du

(8) Par une réaction secondaire, sans intérêt ici, une partie de cet hydroxyde, fonctionnant comme base, peut s'unir à l'excès d'acide organique en le salifiant.

(*) Séance du 7 février 1949.

(1) M. Bonnemay, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 88-87.

(2) R. Audubert, *J. Phys. et Radium*, 8e série, 3, 1942, p. 81.

(3) M. Bonnemay, *J. Chem. Phys.*, 44, 1947, p. 187.

point I augmente de

$$du = \beta F \, d\eta ; \tag{4}$$

son abscisse varie également de la quantité

$$dx = \frac{1}{f'(x)} \beta F \, d\eta . \tag{5}$$

D'autre part, on peut calculer les coordonnées du point I dans la zone des faibles surtensions où l'hypothèse signalée au début est valable, si l'on connaît les grandeurs W et W' (*fig.* 1), déterminées électrochimiquement pour W et

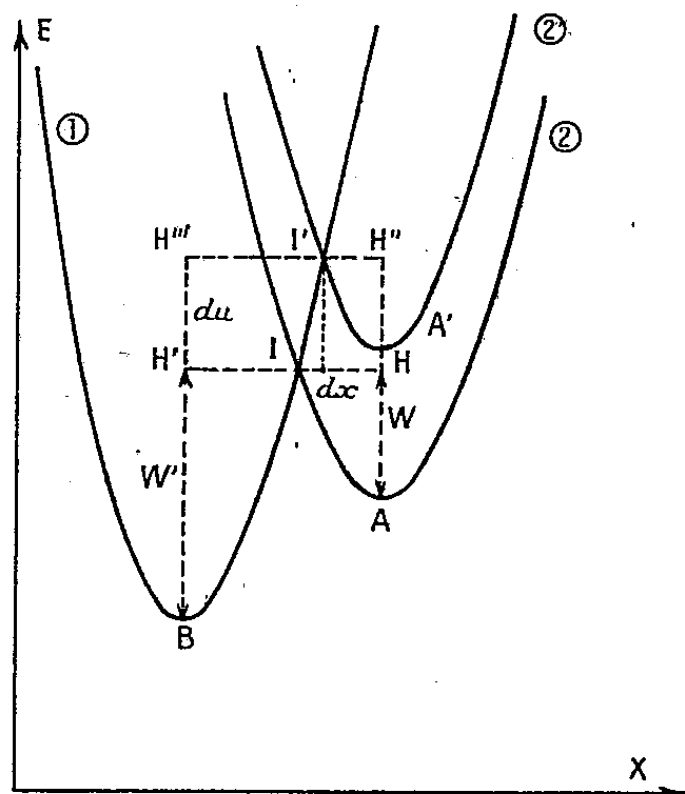


Fig. 1.

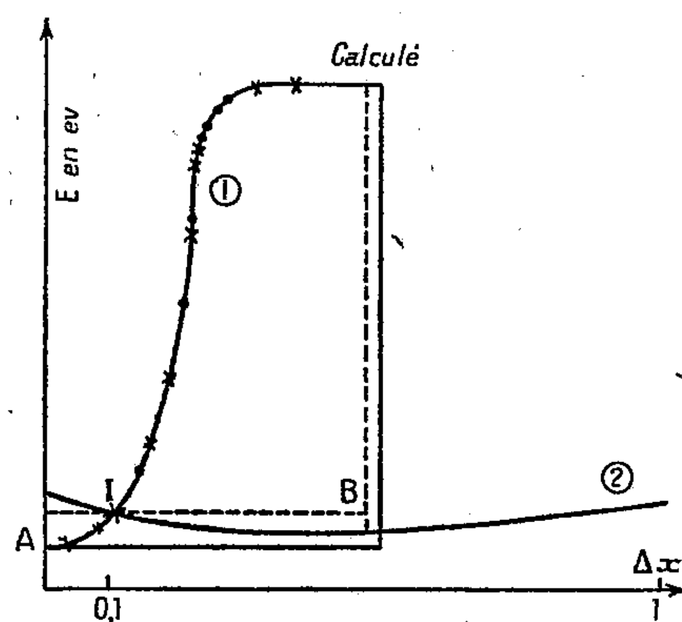


Fig 2.

par l'étude des échanges entre l'amalgame de cuivre et la solution à l'aide de cuivre marqué pour W' (⁴) et si l'on se donne arbitrairement $b = 1$.

En éliminant $f'(x)$ inconnu des équations (3) et (5) :

$$dx = \frac{\beta}{\varphi'(x)} F \, d\eta = \frac{1-\alpha}{\varphi'(x)} F \, d\eta ,$$

$(\alpha + \beta) = 1$; mais puisque la courbe (2) est une parabole, on a d'après la théorie de R. Audubert (³), au point I

$$\varphi'(x)_I = 2\sqrt{W_0 - \alpha F \eta}, \qquad dx = \frac{\alpha F \, d\eta}{2\sqrt{W_0 - \alpha F \eta}}, \qquad \text{(Note 1).}$$

(⁴) G. Kayas, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2144-46.

Note 1. — L'équation (2) donne $\varphi(x) = x^2$ puisque b est choisi égal à 1 ; $d\varphi(x) = 2x \, dx$ et, au point d'intersection I, on a visiblement (*fig.* 1)

$$W = x^2, \qquad x = \sqrt{W}; \qquad \text{mais} \quad W = W_0 - \alpha F \eta ;$$

donc

$$\frac{d\varphi(x)_I}{dx} = 2\sqrt{W_0 - \alpha F \eta},$$

W_0 valeur de W pour un courant nul.

ou pour une variation $\Delta\eta$ de surtension :

$$\Delta x = \int_{\eta}^{\eta+\Delta\eta} \frac{\alpha F}{2\sqrt{W_0 - \alpha F \eta}}\, d\eta \quad \text{et} \quad \Delta E = \int_{\eta}^{\eta+\Delta\eta} \beta F\, d\eta.$$

Ces deux intégrales représentent l'aire comprise entre les courbes :

$$z_1 = \frac{\alpha F}{2\sqrt{W_0 - \alpha F \eta}} \quad \text{et} \quad z_2 = (1-\alpha) F = \beta F,$$

et l'axe des η, entre les abscisses η et $\eta + \Delta\eta$. Dans ces expressions toutes les grandeurs sont connues, α et β sont donnés par l'expérience. On peut donc déterminer pour chaque valeur de la surtension la position du point I; comme ce point I décrit la courbe (1), cette courbe se trouve déterminée. On obtient ainsi pour l'amalgame de cuivre l'aspect représenté à la figure 2.

Notons que seule l'échelle des énergies est déterminée, celle des distances demeure inconnue dans l'ignorance où l'on est actuellement de la distance AB.

En résumé, la méthode permet de déterminer les courbes énergie-distance des complexes électrode-ions; elle rendra possible la comparaison entre les différents métaux et renseignera sur les processus de décharge de leurs ions.

ÉLECTROCHIMIE. — *Titrages électrométriques dans le nitrobenzène*. Note (*) de MM. **Robert Schaal** et **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

Une connaissance plus précise et plus complète des très faibles constantes de dissociation électrolytique permettrait au chimiste organicien de mieux comprendre le mécanisme de la catalyse par les acides et les bases, d'expliquer certaines associations moléculaires, d'étudier quantitativement les influences qui s'exercent entre divers groupements d'une même molécule.

La basicité de l'eau limitant l'activité des ions hydrogène, il n'est pas possible de mesurer dans ce solvant usuel, par un simple titrage électrométrique, des constantes de dissociation inférieures à 10^{-13}. Les évaluations optiques, effectuées dans d'autres milieux ([1]) ([2]), ont indiqué, pour quelques groupements fonctionnels particulièrement intéressants, des constantes d'un ordre de grandeur nettement moindre.

Nous nous sommes efforcés d'étendre jusqu'à des bases aussi faibles la méthode électrométrique qui prête moins à discussion, étant d'une interprétation plus directe. L'acide acétique, utilisée par Hall ([3]) et ses collaborateurs avec l'électrode à chloranile, constitue un milieu trop basique pour ne pas

(*) Séance du 21 février 1949.

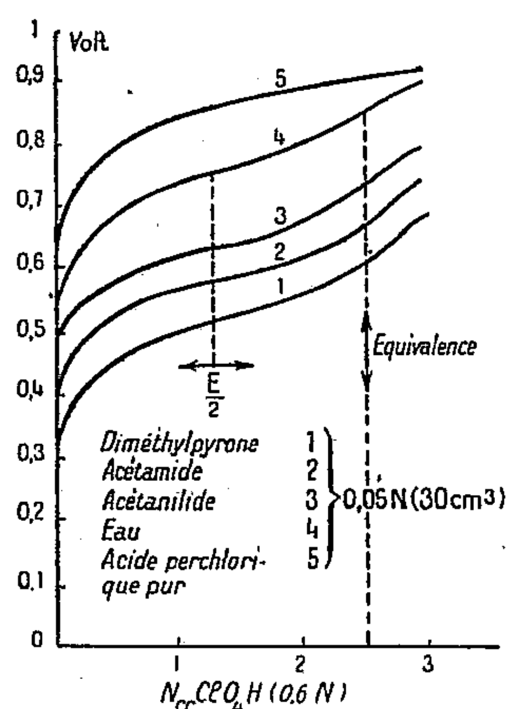
([1]) L. A. Flexser, L. P. Hammett et A. Dingwall, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2103.

([2]) W. Gordy et S. C. Stanford, *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 170; 9, 1941, p. 204 et 215.

([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 5115.

solvolyser la plupart des sels d'oxonium. Nous avons choisi le nitrobenzène, solvant particulièrement inerte ($K_b = 10^{-25}$) dont la constante diélectrique relativement élevée ($\varepsilon = 36$) laisse prévoir un pouvoir ionisant non négligeable. Pour le titrage, nous employons une solution d'acide perchlorique, préparée par action d'acide chlorhydrique sec sur une suspension de perchlorate d'argent en l'absence complète d'eau, le nitrobenzène ayant été purifié et desséché par plusieurs distillations sous pression réduite.

La détermination des potentiels d'acidité est effectuée au moyen de l'électrode à quinhydrone qui fonctionne dans ce milieu ([4]), moins bien cependant que dans l'eau. Les potentiels sont pris par rapport à une deuxième électrode à quinhydrone plongeant dans un tampon acide acétique-acétate de pipéridi-



nium. Les deux cellules sont réunies par un siphon de perchlorate de pipéridinium dans le nitrobenzène, les contacts aux deux extrémités étant assurés par deux capsules de verre fritté. Les mesures des potentiels de demi-neutralisation sont reproductibles à $\pm$ 10 mV près. Pour les très fortes acidités, l'électrode donne des résultats moins précis ($\pm$ 20 mV), par rapport au tampon employé. L'acide perchlorique, en solution 0,1 N, permet d'atteindre un potentiel de 0,95 V, la fidélité des mesures diminuant à partir de 0,8 V par suite d'une altération de la quinhydrone, qui limite le domaine d'utilisation.

Parmi les composés étudiés, la diméthylpyrone, l'acétamide, l'acétanilide ont donné des résultats satisfaisants, en accord avec ceux de Hall : les points d'équivalence sont plus nettement marqués, notamment pour l'acétanilide. Les potentiels de demi-neutralisation à 20° se situent respectivement à : 0,520; 0,575; 0,635 $\pm$ 0,01 V, ce qui correspond à des rapports de basicité concordant remarquablement avec ceux qui ont été obtenus dans l'acide acétique.

Par contre, la cyclohexanone, le carbazole, les alcools méthylique et

([4]) J.-P. Wolff, *Thèse*, Paris, 1948.

éthylique se conduisent comme des corps dépourvus de basicité, ces deux derniers élevant même légèrement le potentiel d'acidité d'une solution perchlorique, alors qu'ils sont pratiquement sans action dans l'acide acétique. L'urée, insoluble dans le nitrobenzène, n'a pu être titrée, mais l'eau se dissout suffisamment pour donner une courbe : le potentiel de demi-neutralisation est relativement élevé, 0,74 V. Il en est de même pour les oxydes d'isopropyle, d'éthyle, de *n*-butyle dont les courbes, légèrement décalées les unes par rapport aux autres, ont des sauts de potentiel à peine marqués au point d'équivalence, mais des points d'inflexion encore nets à la demi-neutralisation 0,73; 0,76; 0,80 V $\pm$ 0,02.

Les amines aromatiques fournissent des résultats surprenants : l'*o*-bromaniline (pK = + 2,60 dans l'eau) serait moins basique que la diphénylamine (pK = + 0,85) et que la tritolylamine, ces dernières étant très voisines l'une de l'autre : 0,61; 0,59; 0,60 V. Aux fortes acidités, on observe, d'autre part, une oxydation rapide dans les deux derniers cas. Il semble qu'on titre, en réalité, le complexe d'association coloré que fournissent ces amines aromatiques avec le nitrobenzène.

Dans l'ensemble, ces résultats sont reproductibles, mais assez complexes. Ils nous permettent déjà de voir que le nitrobenzène se prête à l'étude électrochimique de composés qui, comme l'acétanilide, l'eau, l'éther isopropylique, ne peuvent être titrés même en milieu acétique où ils ne présentent ni point d'inflexion, ni saut de potentiel.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une méthode thermochimique de mesure de la stabilité des solutions d'aluminate de soude.* Note (*) de MM. **Édouard Calvet**, **Honoré Thibon** et **Albert Maillard**, présentée par M. Paul Lebeau.

On sait que les solutions d'aluminate de soude sont métastables et qu'elles se décomposent aisément par hydrolyse en libérant de l'hydroxyde d'aluminium. Toutefois ce phénomène ne s'effectue qu'avec une certaine lenteur et, en l'absence de germes, l'apparition d'un dépôt d'hydroxyde ne se produit généralement pas avant 24 heures.

Sans vouloir examiner pour l'instant les diverses hypothèses émises quant au mécanisme même de l'hydrolyse (par exemple : formation transitoire, soit d'une solution colloïdale d'alumine, soit d'ions aquo-aluminiques ou alumino-sodiques complexes) nous étudierons dans la présente Note comment varie la vitesse de cette hydrolyse en fonction de la proportion de soude caustique libre présente dans la solution. On sait en effet depuis Prescott [1] que les solutions fraîchement préparées d'aluminate de soude sont, au moins en première

(*) Séance du 7 mars 1949.

[1] *Journ. Am. Chem. Soc.*, 2, 1880, p. 27.

approximation, constituées par un mélange d'aluminate monosodique AlO_2Na et de proportions variables de soude caustique en excès. C'est l'importance de cet excès qui règle la vitesse de la réaction d'hydrolyse :

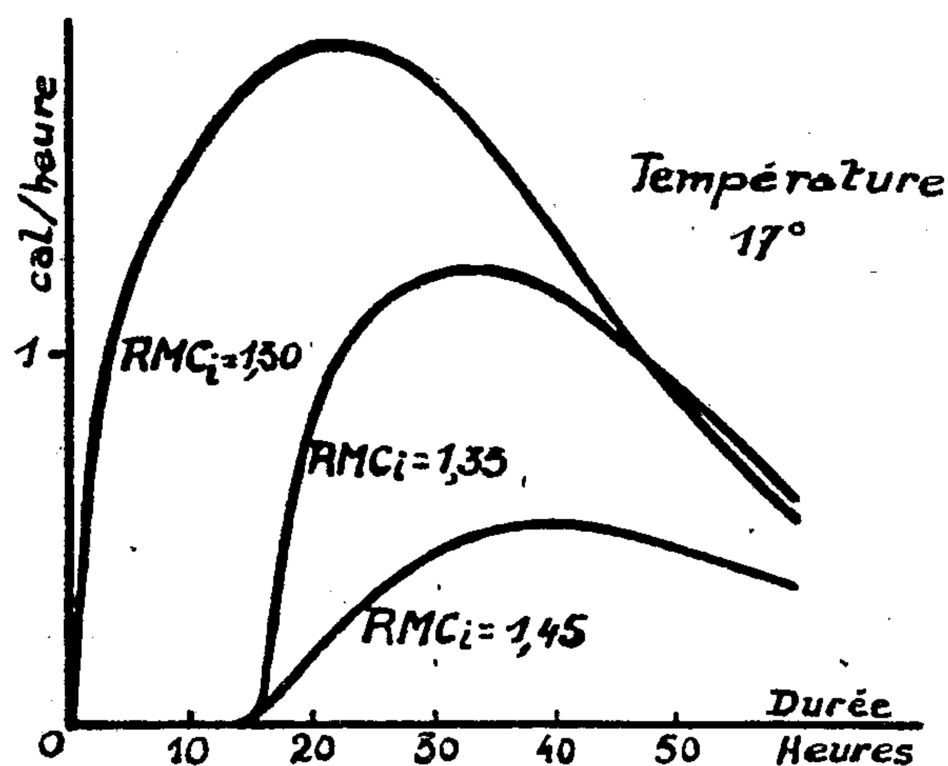


$$2\,AlO_2Na + H_2O \rightleftharpoons Al_2O_3 + 2\,NaOH.$$

Les diverses liqueurs d'aluminate de soude que nous avons utilisées ont toutes été préparées en chauffant vers 180° en autoclave agité une lessive concentrée (8N) de soude caustique et de l'hydrate Bayer commercial, lequel est constitué par de l'hydrargillite $Al_2O_3.3H_2O$.

Ces diverses liqueurs différaient entre elles par leur rapport moléculaire $\frac{Na_2O \text{ caustique}}{Al_2O_3}$, qui a varié de 1,3 à 1,45.

Immédiatement avant l'essai, chacune d'elles était ramenée par dilution à la



concentration correspondant à 130g de Na_2O par litre (environ 4,2N). Elle était ensuite refroidie à 17°C. et 5$^{cm^3}$ étaient introduits dans la cellule-laboratoire d'un microcalorimètre A. Tian placé dans une enceinte à 17°C.

On sait que dans cet appareil la déviation du spot du galvanomètre est proportionnelle au débit de chaleur. Cette déviation est enregistrée photographiquement et la courbe obtenue à la fin de l'essai donne une image exacte des phénomènes thermiques qui se sont manifestés dans la liqueur abandonnée à elle-même à la température de 17° C.

Nous reproduisons sur la figure 1 trois courbes obtenues avec des liqueurs présentant respectivement les rapports moléculaires caustiques initiaux suivants : 1,45 — 1,35 — 1,30.

On observe sur les deux courbes correspondant aux liqueurs de rapport moléculaire caustique inférieur à 1,45 une montée rapide avec maximum après une trentaine d'heures. Le phénomène thermique que traduit l'allure de la courbe ne peut être attribué qu'à l'hydrolyse de la solution avec précipitation

d'hydroxyde. On dispose ainsi d'une méthode commode de mesure de la vitesse de précipitation.

Quant à la liqueur de rapport 1,45, la courbe qui lui correspond indique un phénomène thermique beaucoup moins rapide; ceci correspondant au fait expérimental que la décomposition de la liqueur a été lente.

Il semble donc qu'à 17° C. et pour des liqueurs d'aluminate de soude environ 4 N en Na_2O il existe un seuil d'instabilité caractérisé par un rapport moléculaire Na_2O caustique/Al_2O_3 voisin de 1,4.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de faibles quantités de cadmium dans les minerais.* Note de M. **Marcel Orliac**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les dosages classiques du cadmium impliquent sa séparation du zinc qu'il accompagne généralement dans les minerais. Pratiquement, on réalise cette séparation en précipitant le cadmium par H_2S en milieu acide. Cette méthode, satisfaisante pour des teneurs assez élevées en cadmium, ne convient pas au dosage de traces. Nous avons constaté, en effet, que le métal reste totalement en solution quand sa concentration est inférieure à 50 mg/l. L'entraînement au moyen de sulfure de cuivre s'est révélé lui-même inefficace.

Dans la méthode que nous proposons, le dosage du cadmium est effectué en présence du zinc : le réactif est le diéthyldithiocarbamate de sodium, qui, en milieu ammoniacal, donne une opalescence blanche avec le cation Cd^{++}. Ce réactif n'étant pas strictement spécifique, on doit éliminer les ions qui pourraient donner lieu à des troubles ou à des colorations dans les conditions de l'essai (cuivre, plomb, bismuth, antimoine, étain, aluminium et fer).

Notre méthode de séparation, à la fois rigoureuse et rapide, comprend deux stades :

a. Grâce aux propriétés entraînantes de l'hydroxyde ferrique, l'addition d'ammoniaque à la liqueur d'attaque permet d'éliminer, en même temps que fer et aluminium, tous les ions gênants, sauf le cuivre. Les ions Cd^{++} offrent l'heureuse particularité de n'être pas entraînés dans ces conditions : 200^{mg} d'hydroxyde de fer précipités dans 200^{cm^3} de solution contenant quelques centièmes de milligramme de cadmium ont laissé tout ce métal dans la solution.

b. Le cuivre est précipité à l'état de sulfure en milieu fortement acide. De nombreux essais nous ont montré que la séparation est totale, même lorsque la concentration initiale en cuivre atteint 10 %. Ce traitement complète, en outre, l'élimination des cations du deuxième groupe qui auraient pu subsister.

Le mode opératoire suivant découle de ces quelques remarques :

1° *Mise en solution du minerai.* — 2^g de minerai sont attaqués par l'acide nitrique fumant et la solution est évaporée presque à siccité. Après reprise par HCl et nouvelle évaporation à sec, on dissout le résidu dans 10^{cm^3} d'acide chlorhydrique, puis on ajoute 100^{cm^3} d'eau distillée.

2° *Élimination des ions gênants.* — A la solution bouillante, on ajoute 50^{cm^3} d'ammoniaque et l'on filtre immédiatement. Le filtrat, traité par l'eau régale pour détruire les sels ammoniacaux et ensuite par 5^{cm^3} d'acide sulfurique concentré, est évaporé à sec. On reprend par 100^{cm^3} d'eau distillée et 10^{cm^3} d'acide sulfurique concentré. Si le minerai renferme très peu de cuivre, on en ajoute environ 10^{mg} sous forme de sulfate afin de provoquer la précipitation sous l'action de SH^2 que l'on fait barboter dans la solution chaude pendant 20 minutes.

3° *Réaction néphélométrique.* — La solution filtrée qui contient le cadmium et le zinc est évaporée à sec. On dissout les sulfates dans l'eau distillée et l'on filtre en recueillant le filtrat limpide dans un ballon jaugé de 100^{cm^3} que l'on remplit avec les eaux de lavage jusqu'au trait de jauge. Après agitation, on divise le contenu de ce ballon en deux fractions de 50^{cm^3} correspondant chacune à 1^g de minerai. A la première, on ajoute 10^{cm^3} d'ammoniaque et 5^{cm^3} de solution du réactif (solution à 0,2 % de diéthyldithiocarbamate de sodium dans l'eau). Le trouble blanc obtenu est comparé aux troubles donnés par des liqueurs étalons. La concentration approximative de la solution étant ainsi déterminée, la seconde fraction de 50^{cm^3} peut être diluée de façon à réaliser le dosage photométrique dans la région du maximum de sensibilité.

Le dosage est effectué finalement avec une cellule photoélectrique préalablement étalonnée; la lecture doit être faite 10 minutes environ après l'addition du réactif.

Résultats. — A partir d'une prise d'essai de 2^g, on peut doser le cadmium en moins de 3 heures dans tous les minerais qui en renferment plus de 10^g par tonne, avec une précision d'environ 10 %.

Nous appliquons la méthode à l'étude des blendes pyrénéennes.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure électronique des hydrocarbures aromatiques à cinq noyaux benzéniques accolés. Étude par la méthode des orbitales moléculaires.* Note (*) de MM. **Gordon Baldock**, **Gaston Berthier** et Mme **Alberte Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Poursuivant notre étude [1], à l'aide de la méthode des orbitales moléculaires, sur la relation existant entre la structure électronique et le pouvoir cancérigène des molécules organiques, nous avons établi les diagrammes de répartition des indices de liaison et de valence libre [2] dans quelques hydrocarbures à cinq noyaux accolés, particulièrement importants dans la théorie des composés can-

(*) Séance du 21 février 1949.

(1) *Voir* G. Berthier, C. A. Coulson, H. H. Greenwood et Mme A. Pullman, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1906.

(2) Pour la définition de ces grandeurs dans la méthode des orbitales moléculaires *voir* C. A. Coulson, *Faraday Soc. Disc.*, 2, 1947, p. 9.

cérigènes. Les diagrammes de ces molécules n'ayant pas été évalués avec précision dans la méthode de la mésomérie, seule une étude qualitative d'une relation possible entre leur structure et l'activité physiopathologique a été présentée jusqu'ici (³).

Pentaphène

Pérylène

Dibenz-1.2.7.8-Anthracène

Dibenz-1.2.5.6-Anthracène

Picène

Dibenz-1.2.3.4-Anthracène

Pentacène

(³) Mme A. PULLMAN, *Annales de Chimie*, **2**, 1947, p. 5.

Composé.	Énergie de résonance. En négligeant l'intégrale de recouvrement (en unité β).	Énergie de résonance. En tenant compte de l'intégrale de recouvrement (en unité γ).	Énergie d'excitation. En négligeant l'intégrale de recouvrement (en unité β).	Énergie d'excitation. En tenant compte de l'intégrale de recouvrement (en unité γ).
Pentacène	8,5440	4,0660	0,4394	0,4408
Dibenz-1.2.3.4-anthracène	8,9422	4,4468	0,9982	1,0140
Dibenz-1.2.5.6-anthracène	8,8804	4,3892	0,9470	0,9605
Dibenz-1.2.7.8-anthracène	8,8792	4,3880	0,9834	0,9985
Pentaphène	8,7627	4,2777	0,8743	0,8849
Picène	8,9432	4,4476	1,0038	1,0199
Pérylène	8,2453	4,0577	0,6946	0,6999

La signification de ces résultats du point de vue de la théorie de la cancérisation sera discutée séparément.

Le diagramme du dibenz-1.2.5.6 anthracène présente un intérêt particulier du fait de l'étude récente de cette molécule aux rayons X ([4]). La comparaison des distances expérimentales avec celles que l'on peut déduire de notre diagramme à l'aide de la courbe semi-empirique de Coulson ([5]) indique que l'accord est limité à la partie centrale de la molécule, ce fait ayant d'ailleurs été prévu par Robertson et White, comme suite de certaines difficultés techniques; les distances trouvées dans les noyaux latéraux sont beaucoup trop grandes. De plus, bien que le calcul permette de prévoir un accroissement de la distance C-C moyenne avec l'augmentation du nombre des noyaux accolés [correspondant à une diminution parallèle de l'indice moyen de liaison ([6])], cet accroissement doit être en réalité beaucoup plus faible que ne l'observent Robertson et White : la distance théorique moyenne est de 1,402 Å dans le dibenz-1.2.5.6 anthracène.

MINÉRALOGIE. — *Comportement thermique de quelques Phyllites à 14 Å.* Note de Mlle **Simonne Caillère**, MM. **Roger Guennelon** et **Stéphane Hénin**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une série de travaux antérieurs ([1]) ([2]) nous avons montré qu'en précipitant les hydrates $Mg(OH)_2$, $Ni(OH)_2$ à partir d'une solution saline concentrée et au contact d'une montmorillonite, on obtenait une localisation

([4]) J. M. Robertson et J. G. White, *J. Chem. Soc.*, 1942, p. 1001.

([5]) *Proc. Roy. Soc.*, A 169, 1939, p. 413.

([6]) A. et B. Pullman, *Experientia*, 2, 1946, p. 364; M. Bradburn, C. A. Coulson et G. S. Rushbrooke, *Proc. Roy. Soc.*, (Edinb.), A 62, 1948, p. 336.

([1]) S. Caillère, S. Hénin et J. Mering, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 842-843.

([2]) S. Caillère et S. Hénin, *Minéralogical Magazine*, 1949 (sous presse).

d'au moins une partie de l'hydroxyde correspondant entre les feuillets du minéral argileux. En effet, après ces traitements, la montmorillonite donne par examen aux rayons X un diagramme présentant une série d'équidistances ($00l$) voisine de celles de la chlorite. Dans le cas des produits nickelifères, les raies d'ordre impair de cette série sont faibles ou nulles. Ce résultat doit être dû au fait que la couche d'hydroxyde de nickel a sensiblement le même pouvoir réflecteur que la couche octaédrique du feuillet de montmorillonite et que l'édifice se comporte alors comme ayant une périodicité approchée de 7 Å. Pour vérifier ce fait, nous avons chauffé ces substances à des températures telles que la couche d'hydroxyde de néoformation soit détruite. En effet, on pouvait espérer, après la déshydratation de cette couche, retrouver un diagramme de rayons X identique pour les deux produits traités et dont l'équidistance principale serait voisine de celle d'une chlorite dont la couche d'hydroxyde serait également déshydratée.

Enfin, pour établir une comparaison entre ces produits et les minéraux voisins, nous avons chauffé simultanément une montmorillonite non traitée et une vermiculite.

Après chauffage à 450° les deux produits avec Mg et Ni donnent un diagramme présentant au centre une raie floue très marquée à 13 Å pour le produit magnésien et un halo extrêmement intense au centre du diagramme pour le produit nickelifère.

A mesure que la température s'élève les substances fournissent des diagrammes de Debye et Scherrer dans lesquels ces halos se résolvent progressivement en des raies bien définies et moins intenses qui, un peu au-dessus de 700°, correspondent à une équidistance de 11 Å environ pour les deux montmorillonites traitées. Vers 800°, l'ensemble de l'édifice cristallin dans les deux cas commence à se désagréger.

La chlorite (clinochlore de Chichine, Oural) montre un comportement voisin quoique à des températures plus élevées. Le diagramme de ce minéral, après chauffage à 700°, présente la raie de premier ordre de la série ($00l$) mais, comme dans les produits traités, les raies d'ordres immédiatement supérieurs ont disparu. La raie centrale beaucoup plus accentuée que dans une chlorite normale correspond à une équidistance de 13,6 Å.

Ce résultat imputable au départ des OH de la couche octaédrique reste à peu près constant jusqu'à environ 750°. Au-dessus de cette température la raie (001) se transforme en un halo, mais en même temps l'ensemble du spectre se modifie.

L'interprétation de ces divers résultats est qu'immédiatement après la destruction de la couche d'oxyde, les feuillets sont encore à peu près à leur écartement initial. Dans les produits traités, cet écartement varie progressivement avec la température jusqu'à une équidistance d'environ 11 Å. Ce comportement est attribuable à une modification de la disposition des éléments

de la couche d'oxyde qui sont à ce moment libres entre les feuillets. Au contraire, dans la chlorite et pour l'intervalle de températures, d'ailleurs beaucoup plus court, qui sépare la première déshydratation de la destruction du minéral, les oxydes qui restent se trouvent maintenus dans leur position initiale.

Les minéraux, comme la vermiculite et la montmorillonite, qui n'ont entre leurs feuillets que des ions, et non plus des oxydes, présentent de 500 à 550° une équidistance de 9,5 Å caractérisée par une raie bien définie. Ils fournissent un diagramme constant pour toutes les températures jusqu'au voisinage de 800° où débute la dislocation du minéral.

Ainsi pouvons-nous conclure que les produits obtenus par précipitation de $Mg(OH)_2$ et de $Ni(OH)_2$ au contact d'une montmorillonite ont une structure tout à fait indentique, en dépit des différences que présentent leurs diagrammes.

D'autre part l'édifice ainsi créé est très voisin de celui d'une chlorite puisque, aussi bien dans les produits traités que dans ce minéral, il est constitué par la succession de feuillets mica et de couches du type hydrargillite-brucite.. Cependant les éléments de la couche d'hydroxyde apparaissent dans la chlorite énergiquement liés aux feuillets.

Ce fait confirme des expériences antérieures qui ont montré que s'il était relativement facile d'enlever par un traitement acide les hydroxydes précipités entre les feuillets d'une montmorillonite, par contre on ne pouvait par un traitement analogue attaquer la couche hydrargillite-brucite de la chlorite sans détruire simultanément l'ensemble du minéral.

BOTANIQUE. — *L'*Obionetum *des halipèdes du Nord de la Bretagne* (*Finistère à Ille-et-Vilaine*). Note (*) de MM. **Henry des Abbayes** et **Robert Corillion** présentée par M. Auguste Chevalier.

Le littoral Nord de la Bretagne offre un terrain d'observation très favorable à l'étude des associations halophiles, en raison de l'extension horizontale et verticale considérable des zones ou étages de végétation, due à l'amplitude exceptionnelle des marées. En particulier la végétation à *Obione portulacoïdes* (L.) Moq. de cette région présente, de ce fait, des caractères d'une interprétation plus aisée que sur les côtes soumises à un régime de marée de moindre amplitude.

Suivant les régions et les conditions locales de végétation dans lesquelles il a été étudié, *Obione portulacoides* a été successivement rattaché, au point de vue phytosociologique, soit à l'*Atropidetum* par G. Lemée (1) et Malcuit (2) en

(*) Séance du 7 mars 1949.

(1) *Bull. Soc. Lin. Norm.*, 8e série, 6, 1933, p. 25.

(2) Mélanges dédiés au Professeur Daniel, Rennes, 1936, p. 19.

Normandie, soit à l'*Artemisietum maritimæ* par M. J. Adriani ([3]) en Hollande méridionale, soit même, en ce qui concerne la région Méditerranéenne, au *Salicornietum fruticosæ* par le même auteur ([3]).

La nécessité de la création d'un *Obionetum* indépendant et l'usage de ce terme apparaissent d'abord, semble-t-il, chez les auteurs anglais [*apud* Tansley, ([4])]. Le terme avec sa même signification a ensuite été repris par l'un de nous ([5]). Enfin, plus récemment, J. Arènes ([6]) a donné la composition d'un *Obionetum* des côtes de Vendée-Loire-Inférieure, qui nous paraît plutôt être un complexe qu'une véritable association.

Sur le littoral nord de la Bretagne, où nous l'avons étudié, dans la plupart des nombreuses localités situées entre Saint-Pol-de-Léon et Dinard, l'*Obionetum* occupe, d'une façon très générale, la base du schorre ou le sommet de la slikke (rives principales, bordures des marigots), au contact inférieur de l'*Atropidetum* qui lui fait suite vers le haut, tant au point de vue topographique que dynamique.

Outre qu'ils jouent un rôle physionomique très accusé, les caractères de constance, d'extrême luxuriance et de quasi-exclusivité de la végétation d'*Obione*, uniquement observables au niveau qui vient d'être précisé, indiquent un optimum écologique et justifient la définition d'un *Obionetum* distinct, représenté dans un très grand nombre de relevés par :

Caractéristiques.

Obione portulacoïdes, élective	V — 5
Bostrychia scorpioïdes, Kütz. (Algue Rhodophycée), exclusive	IV — 4

Cette dernière espèce est abondante à l'état d'épiphyte sur *Obione*, sauf dans les marais trop retirés à l'intérieur des terres.

A la strate inférieure s'observent diverses Algues appartenant surtout aux genres *Microcoleus*, *Symploca*, *Phormidium* et *Enteromorpha*.

L'*Obionetum*, tel qu'il vient d'être défini, constitue, dans la grande majorité des cas, une association très fermée, ne laissant pénétrer aucune autre espèce de Phanérogames.

Toutefois, en diverses circonstances, on peut constater l'existence de faciès à *Suæda maritima* et la présence, à titre de compagnes, de quelques espèces des associations voisines du schorre et de la slikke. Voici, établi sur 25 relevés,

---

([3]) *Sur la phytosociologie, la synécologie et le bilan d'eau des halophytes de la région néerlandaise méridionale ainsi que de la Méditerranée française*, *Thèse*, Amsterdam, 1945.

([4]) *The British Islands and their Vegetation*, Cambridge, 1939.

([5]) H. des Abbayes, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 94, 1947, p. 427.

([6]) *C. R. Soc. Biogéogr.*, n° 213, 1948, p. 18.

choisis dans des localités très variées, le tableau des compagnes éventuelles de l'*Obionetum* sur les côtes nord de la Bretagne.

Compagnes.

Atropis maritima Griseb.	II — 0,9
Suaeda maritima (L.) Dumort.	II — 0,4
Salicornia herbacea (L.)	I — 0,5
— *perennis* Mill.	I — 0,5
Aster Tripolium (L.)	I — 0,1
Plantago maritima (L.)	+ +
Spergularia marginata Kitt.	+ +
Cochlearia anglica (L.)	+ +

La grande souplesse écologique d'*Obione portulacoïdes*, justement notée par divers auteurs, permet toujours d'observer sa présence dans différentes associations du schorre, *mais à titre de compagne* et dans des proportions variables. Ce fait, si l'on n'y prend garde, peut entraîner des interprétations inexactes au point de vue phytosociologique et synécologique, si les localités choisies ne permettent pas l'étude de l'*Obione* dans l'*optimum de végétation tel qu'il se trouve réalisé en Bretagne du Nord.*

Si l'étude des halipèdes de ces côtes montre l'importance qu'y prend l'*Obionetum*, elle permet de plus de constater qu'il n'existe, à de très rares exceptions près, aucun point de contact entre cette association et les espèces appartenant à d'autres associations, telles que l'*Artemisietum maritimæ*, confinées à la partie supérieure du schorre et séparées de l'*Obionetum* par toute l'étendue de l'*Atropidetum*. En Bretagne du Nord, on observera donc, de la base du schorre au sommet et suivant les circonstances, les deux principaux types de succession suivants :

1° *Salicornietum, Obionetum, Atropidetum, Artemisietum* ou *Juncetum* (*Juncetum Gerardii* ou *Junceto-caricetum extensæ*);

2° *Obionetum, Atropidetum, Artemisietum* ou *Juncetum.*

BOTANIQUE. — *Sur la valeur morphologique des grappes et des vrilles de la Vigne* (Vitis vinifera *L.*). Note de M. **François Bugnon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons rappelé dans une Note antérieure (¹) que les grappes et les vrilles de la Vigne comprennent fondamentalement deux bras principaux, se séparant au niveau de la première bractée B; nous les avons nommés bras interne I et bras externe E, afin de ne pas préjuger de leur valeur relative. Considérés dans les nombreux intermédiaires qui existent entre grappes et vrilles, ces deux bras peuvent être :

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1948, p. 770.

1° Tous les deux florifères (*grappes doubles* de Ch. Darwin);

2° Le bras interne florifère et le bras externe à l'état de vrille (grappes-vrilles);

3° Tous les deux à l'état de vrilles (vrilles typiques) ([2]). Le bras externe paraît avoir été toujours assimilé à un rameau du bras interne, formé sur celui-ci dans l'aisselle de la première bractée.

Or : 1° quand le bras interne porte des bractées bien développées (cas général pour les grappes, exceptionnel pour les vrilles), les deux premières se trouvent dans un plan phyllotaxique qui croise celui du sarment, ainsi que nous l'avons établi précédemment (*loc. cit., fig.* 2); 2° quand le bras externe porte au moins une bractée bien développée (cas fréquent pour les vrilles dans diverses variétés de Vigne), celle-ci a d'habitude la forme dissymétrique d'une préfeuille; elle a aussi, tant dans l'orientation de son plan phyllotaxique que par rapport à l'organisation dorsiventrale du sarment N, la situation de la préfeuille Pf d'un axe $N+1$. Le plan phyllotaxique du bras externe, déterminé par la position de la nervure principale de sa préfeuille, croise donc celui du sarment, comme celui du bras interne; par conséquent, les deux bras sont des rameaux de même ordre ($N+1$) par rapport au sarment (d'ordre N).

Les deux bras ne peuvent donc résulter que du développement de deux bourgeons axillaires superposés, nés tous deux dans l'aisselle de la première bractée B, *laquelle, par sa position, appartient à la série phyllotaxique du sarment.*

Cette interprétation nouvelle exige l'association de deux traits d'organisation, assez souvent représentés dans des familles très diverses, mais indépendamment l'un de l'autre : 1° l'existence de bourgeons axillaires superposés; 2° la formation d'une portion d'axe singulière, emportant à son sommet, plus ou moins loin de leur point d'origine, une feuille axillante et son aisselle gemmifère.

1° La présence, dans une même aisselle foliaire, de bourgeons superposés, est fréquente et décrite dans tous les Traités de morphologie. Elle est d'ailleurs admise dans la théorie sympodiale, mais pour la feuille végétative opposée à une grappe ou à une vrille; le rameau usurpateur tirerait son origine du bourgeon supérieur; en admettant cette origine, il en résulte pour celui-ci une anomalie phyllotaxique bien mise en relief par Prillieux ([3]); cette anomalie n'a pas reçu d'explication satisfaisante malgré les tentatives faites pour la résoudre, notamment par Godron ([4]).

Les bourgeons axillaires superposés forment une série rectiligne ou sont disposés en zigzag. Dans divers cas, en passant d'un bourgeon au suivant de la série, il y a inversion dans la position de la première feuille par rapport au plan phyllotaxique de l'axe-support : Eichler ([5]) en a fourni un diagramme démonstratif pour l'*Aristolochia Clematitis;* Velenovsky ([6]) en a décrit et figuré deux autres cas chez *Aristolochia Pistolochia* et *Acacia*

([2]) W. Troll, *Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen*, 1, 1re Partie, 1937, p. 843, figure 665.

([3]) *Bull. Soc. bot. France*, 3, 1856, p. 645.

([4]) *Mém. Acad. de Stanislas*, (Nancy), pour 1866, 1867, p. 160.

([5]) *Blüthendiagramme*, 2, 1878, p. 533, fig. 229 A.

([6]) *Vergl. Morphol. d. Pflanzen*, 2, 1907, p. 690-691, fig. 433-434.

leiophylla; etc. Fait digne d'être noté, une semblable inversion existe pour les deux bras d'une grappe de Vigne (F. Bugnon, *loc. cit., fig.* 2).

2° La bractée axillante B a déjà été rapportée par Caruel ([7]) à une feuille du sarment, éloignée de celui-ci par croissance intercalaire dn soubassement commun à la feuille axillante et au contenu de son aisselle. Il y a intérêt, pour abréger et préciser le langage, à désigner par un seul vocable la portion d'axe si spéciale qui résulte de cette croissance intercalaire; nous proposons le terme d'*hypoclade*. La formation d'hypoclades est un phénomène assez fréquent dans la région florifère de plantes très différentes; les morphologistes l'ont depuis longtemps signalé : le cas des *Thesium* a déjà été décrit et figuré par A. de Saint-Hilaire ([8]); Wydler ([9]) en a énuméré plusieurs exemples (*Passiflora, Samolus, Cytisus, Sarothamnus*), à propos de la description du cas des *Erica;* Velenovsky (*loc. cit.*, p. 607, *fig.* 384) a fait de même en décrivant plus spécialement le cas de *Monotropa Hypopitys;* Gœbel ([10]), qui signale et figure le cas de *Saururus Loureiri*, décrit et représente schématiquement le mode de croissance intercalaire qui doit intervenir, etc.

En résumé, les grappes et les vrilles de la Vigne représentent un complexe formé : 1° d'un hypoclade; 2° au sommet de celui-ci, de deux bras principaux, simples ou ramifiés, issus de bourgeons superposés nés eux-mêmes dans l'aisselle d'une bractée équivalente aux feuilles végétatives du sarment et faisant partie de la même série phyllotaxique. Le croisement du plan phyllotaxique de la base des deux bras avec celui du sarment est incompatible avec les théories sympodiale et dichopodiale, qui doivent donc être rejetées. Le sarment est un *monopode*, dont tous les rameaux obéissent à la même règle phyllotaxique, au moins pour leur première feuille.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Le pouvoir réflecteur des Conifères pour le rayonnement infrarouge*. Note de M. **Fernand Obaton**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les Végétaux réfléchissent une partie des rayons infrarouges qui tombent à leur surface. Nous avons mis en évidence ([1]) une relation entre le pouvoir réflecteur et l'intensité des radiations auxquelles sont habituellement soumises les plantes à chlorophylle de plaine et de haute montagne. Il a été remarqué sur les photographies de forêts, prises en avion, sur émulsion sensible à l'infrarouge, que les Conifères se détachent en sombre au milieu des autres essences dont le feuillage apparaît plus clair, presque blanc. On en a conclu que les Conifères ont un coefficient de réflexion beaucoup moins élevé que les autres végétaux pour les radiations de longueur d'onde supérieure à $0^{\mu},700$. Les

([7]) *Bull. Soc. bot. France*, 15, 1868, p. 28.
([8]) *Morphologie végétale*, 1841. p. 247, fig. 154.
([9]) *Flora*, 15, 1858, p. 145.
([10]) *Organog. d. Pflanzen*, 3e éd., III, 1932, p. 1672-1673.

([1]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 721.

documents photographiques précités indiquent un rapport de l'ordre de 1 à 5.

Nous avons fait l'étude d'une série de Gymnospermes en utilisant la méthode photographique décrite antérieurement ([2]). Cette méthode a été améliorée par la réalisation d'un microdensitomètre qui donne directement la valeur des densités en différents points d'un cliché. La comparaison de chacune des espèces avec une surface de référence dont le coefficient de réflexion est égal à l'unité fournit des nombres qui mesurent le rayonnement réfléchi, dans certaines limites déterminées par les caractéristiques de l'émulsion. Les premières recherches ont porté sur des espèces rencontrées fréquemment dans les forêts de France. Dans tous les cas c'est la face de la feuille tournée vers l'extérieur qui a été photographiée. Les nombres expriment la densité du cliché obtenu pour chaque échantillon, la densité de référence (surface bien lisse d'un bloc de carbonate de magnésie) étant égale à l'unité. Dans une première étude figurent les coefficients d'autres végétaux chlorophylliens :

Conifères.	
Taxus baccata L	0,075
Pinus sylvestris	0,072
» *Laricio* Poir	0,070
» *Strobus* L.	0,072
Sequoia sempervirens Endl	0,078
Angiospermes.	
Prunus Laurocerasus L.	0,117
Saxifraga crassifolia L.	0,204
Hedera Helix L	0,135
Aucuba japonica Thunb.	0,169
Muscinées.	
Polytrichum formosum Hedw	0,045
Hypnum purum L.	0,029
Mnium punctatum L.	0,021

Le coefficient de réflexion infrarouge pour les Conifères ci-dessus est remarquablement constant. Il est deux à trois fois plus élevé que celui des Cryptogames cellulaires et deux à trois fois moins fort que celui des Angiospermes. Ces valeurs expliquent en partie les images obtenues par les aviateurs. Cependant la densité de l'image pour un arbre considéré dans son ensemble est certainement plus faible que ne l'indique la méthode utilisée pour la mesure. Dans ce cas la feuille est disposée perpendiculairement à l'axe optique de l'appareil. Or dans la nature les feuilles d'un Pin, très étroites et comparables à des aiguilles, sont tournées vers l'extérieur et présentent leur extrémité aiguë à la photographie. Chacune de ces feuilles est séparée de la voisine par un espace vide qui

([2]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 621.

forme une ombre souvent plus large que la feuille. L'image enregistrée à distance est la résultante de ces phénomènes. Elle traduit la tache correspondant à l'arbre entier par une densité trop faible par rapport au pouvoir réflecteur réel des feuilles.

Un chêne ou un hêtre n'offrent pas la même disposition et la densité du cliché exprime mieux la valeur du pouvoir réflecteur de leur feuillage. Les différentes espèces du groupe des Gymnospermes n'ont pas toutes le même coefficient de reflexion pour le proche infrarouge.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude de la production d'inulase par* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Raymond Dedonder**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

M. Lemoigne (1) a relevé les contradictions existant entre les différents auteurs quant à l'influence de la nature du sucre utilisé dans le milieu de culture pour la production d'inulase par *Sterigmatocystis nigra*. L'inuline est-elle indispensable à la formation de l'inulase, ou simplement favorable? Ou, si l'on admet les vues de Karström (2), l'inulase des *St. nigra* est-elle une diastase adaptative ou non?

J'ai pensé que les divergences précitées provenaient de l'utilisation de souches différentes. J'ai donc cultivé trois souches de *St. nigra* (n°s 16, 315, 46) sur divers sucres et recherché l'inulase produite dans le mycélium et dans le milieu de culture où elle diffuse. L'inuline utilisée pour ces expériences a été extraite du dalhia par la méthode Tanret (3) et purifiée en suivant le procédé de Schlubach et Knoop (4). Son pouvoir rotatoire spécifique était $[\alpha]_D^{18°} = -40°,6$. Elle n'était pas réductrice. J'insiste sur la pureté, si difficile à obtenir, de cette inuline.

Les tableaux I et II donnent les résultats de deux séries d'expériences. Dans la première, les hydrolyses sont suivies polarimétriquement et les résultats exprimés par l'inverse du temps de demi-hydrolyse. Dans la deuxième, les hydrolyses sont suivies par dosage des sucres réducteurs libérés et les résultats exprimés par la valeur K, constante de la réaction supposée monomoléculaire.

Nous voyons que l'inuline, pour nos souches, n'est pas nécessaire à la sécrétion d'inulase. Elle inhibe même celle-ci pour *St. nigra* 16. Dans les trois cas le saccharose permet la production de la diastase. La nature du sucre a cependant une influence importante et cette influence varie suivant la souche. Cela explique bien les divergences citées plus haut si l'on veut bien considérer

(1) *Ann. des Ferment.*, 6, 1941, p. 265.
(2) *Erg. der Enzymforsch.*, 7, 1938, p. 350-376.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1893, p. 200-227; 2, 1893, p. 623.
(4) *Liebig's Ann.*, 487, 1932, p. 208.

comme vraisemblable que nos trois souches n'épuisent pas les comportements possibles. On ne peut cependant pas parler d'adaptation puisque, même pour la souche 315, il n'y a pas un optimum net de formation de l'inulase sur l'inuline. Cette conclusion rejoint celle de Bonnet (5) pour d'autres hydrolases.

TABLEAU I.

Souches.	Durée de culture (heures).	Inulase $\frac{I}{T} \cdot 10^2$. Cultures sur inuline.	saccharose.	glucose.	maltose.
315	41	–	–	–	4,98
	137	12,55	11,33	traces	–
46	39	2,15	1,32	2,8	6,86
	70	0,95	1,92	11	0,75
16	70	0,5	1	2,25	2,9
	160	traces	1,7	2	traces

T = temps de demi-hydrolyse en heures.

TABLEAU II.

Souches.	Durée de culture (jours).	Inulase K.10³ (6). Cultures sur inuline.	saccharose.	glucose.	maltose.	fructose.
315	6	7,54 (40) (7)	7,08 (67)	0,39 (103)	0,71 (75)	0,62 (78)
315 In (8)	6	4,11 (42)	1,61 (58)	0,41 (74)	0,24 (71)	0,34 (51)
16	8	0,375 (85)	3,55 (65)	5,36 (52)	1,72 (100)	0,63 (62)
16 In (8)	8	0,39 (44)	?	4,65 (48)	0,49 (89)	0,48 (55)

J'ai, de plus, repiqué (sept fois) les souches 315 et 16 dont le comportement est si différent, sur milieu synthétique avec de l'inuline pour source de carbone (tableau II). Les repiquages sur inuline n'accroissent pas la richesse en inulase des cultures; ils ont plutôt tendance à la diminuer. Il n'y a donc aucune adaptation lente.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'utilisation de la pyridine par* Fusarium Solani. Note de M. et Mme **Jean Guérillot-Vinet** et M. **Albert Richer**, présentée par M. Maurice Javillier.

Pour étudier l'action de divers antibiotiques peu solubles dans le milieu de culture de *F. solani*, nous avons été amenés à dissoudre au préalable les substances utilisées dans une petite quantité de divers solvants organiques mis-

(5) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 1072-1076.

(6) $K = \frac{I}{T} \log \frac{P}{p - x}$, temps en minutes.

(7) Poids sec en mg.

(8) 315 In et 16 In = souches repiquées sur inuline.

cibles à l'eau (¹). Il fallait alors déterminer dans quelles limites ces corps pouvaient être employés sans nuire au développement du Fusarium. Nous avons étendu ces essais à des concentrations de solvant organique bien supérieures à celles qui nous étaient nécessaires pour aider à la mise en solution des antibiotiques considérés. Parmi ces adjuvants, se trouvait la pyridine qui, à notre grande surprise, loin d'être nuisible, provoquait constamment un accroissement de poids important du champignon par rapport aux témoins quand la concentration dans le milieu de culture était voisine de 10^{-3}. Nous avons alors cherché les rapports entre les poids de mycélium récolté et de pyridine ajoutée.

Les cultures de *F. solani* sont faites en fioles coniques de 250^{cm^3} contenant 19^{cm^3} de milieu de Czapeck modifié :

PO_4HNa_2, $12H_2O$	25 g
PO_4H_2K	15
Citrate de Na	2
NO_3Na	2,5
SO_4Mg	0,5
ClK	0,5
$(NO_3)^2Ca$	0,05
SO_4Fe, $7H_{20}$	0,01
Glucose	20
Eau bidistillée q. s. p.	1000 cm^3

Dans ces conditions, le milieu est tamponné et son pH de 6,5 reste inchangé en fin de culture.

Après stérilisation (20 min à 115°) chaque fiole reçoit une certaine quantité de pyridine, puis on ensemence avec 1^{cm^3} d'une suspension de spores de *F. solani*; on conserve 8 jours à l'étuve à 25°.

Chaque mycélium est alors filtré, lavé et séché à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant. Les moyennes des poids secs (en mg) obtenus dans 3 séries d'expériences sont résumées dans le tableau suivant :

	Dilution de pyridine dans le milieu							
Séries.	0.	$0,5.10^{-4}$.	10^{-4}.	$0,5.10^{-3}$.	10^{-3}.	2.10^{-3}.	$0,5.10^{-2}$.	10^{-2}.
1	16	22	20	64	32	36	18	0
2	20	–	24	35	30	–	20	–
3	27	–	–	41	–	35	31	3

L'action est donc particulièrement nette pour une concentration de l'ordre de $0,5.10^{-3}$ à 2.10^{-3} dans le milieu de culture. En dessous de $0,5.10^{-3}$, l'action est faible et, à partir de 10^{-2}, elle est nettement toxique.

(¹) Mme A.-J. Guerillot-Vinet, J. Guerillot et A. Richer, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

D'autres essais en boîtes de Roux avec 100^{cm^3} de milieu de culture, en vue d'obtenir une plus grande quantité de mycélium pour y réaliser divers dosages, ont confirmé ces résultats. (Ci-dessous poids moyens de matière fraîche en grammes.)

	Dilution de pyridine dans le milieu			
Séries.	0.	10^{-3}.	10^{-4}.	10^{-5}.
1............	10,3	14,9	–	–
2............	3,5	8	4,2	3,1
3............	3,3	17,3	6	–

En plus de l'action favorable de la pyridine à 10^{-3} on remarque que dans les séries 2 et 3 où les témoins se sont beaucoup moins développés (les spores provenaient de souches plus âgées) la pyridine a eu une action considérable.

Comment expliquer cet effet utile sur la croissance du champignon, de la pyridine, que nous pensions plutôt toxique? Étant donnée la quantité importante de pyridine qui agit le plus favorablement, nous avons pensé que cette substance pouvait être considérée comme une source d'azote au même titre que l'azote minéral du milieu utilisé par le végétal pour sa synthèse protidique. Le milieu contient en effet 415^{mg} d'azote minéral par litre et à la concentration de $0,5 \times 10^{-3}$ la pyridine en apporte 88^{mg}. Mais, en augmentant l'azote minéral du milieu de 88 mg/l, les poids de mycélium restent inchangés par rapport aux témoins. D'autre part, tous les autres éléments restant constants, si l'on remplace l'azote minéral par de l'azote pyridinique, le mycélium ne se développe pas.

On est donc amené à supposer que la pyridine agit par son noyau entier et à faire le rapprochement avec la vitamine PP ou même avec la vitamine B_6. De premiers essais nous ont confirmé que l'amide nicotinique, ajouté au milieu à la dilution finale de 10^{-3}, augmente aussi le poids du mycélium. Des dosages chimiques d'acide nicotinique ([2]), ([3]) dans des cultures avec ou sans pyridine, permettent de croire que ce corps pourrait être pour le champignon une source de vitamine PP. De nouveaux essais sont nécessaires pour pouvoir affirmer ce dernier point.

CHIMIE AGRICOLE. — *Acide phosphorique « présumé assimilable » et acide phosphorique réellement assimilé des sols à vigne.* Note (*) de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'analyse des sols au laboratoire par des réactifs est une discipline qui recèle de graves sophismes :

([2]) Y. Raoul et O. Crépy, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 23, 1941, p. 1162.

([3]) L. Wang et E. Kodicek, *Bioch. J.*, (5), 37, 1943, p. 530.

(*) Séance du 7 mars 1949.

1° Le sol, surtout celui qui porte une plante pérenne, ne contient pas dans l'échantillon de laboratoire tous les facteurs de l'alimentation de la plante cultivée, ni même les facteurs dominants, à telle enseigne qu'un même végétal peut réaliser sur un même sol des alimentations très différentes en fonction de l'âge de la plantation (¹).

2° Selon nous, l'analyse d'un sol ne peut être faite du point de vue alimentaire que par la plante elle-même dans les conditions de la pratique agricole. La vigne, par exemple, explore par ses racines et ses radicelles une profondeur considérable de terre; elle y puise, en même temps que l'eau, ses aliments minéraux à des niveaux très diversement nutritifs en N, P_2O_5, K_2O, ..., et même si les méthodes d'extraction des principes à doser étaient exemptes de critiques, et tel n'est pas le cas, on ne peut présumer de quelle richesse est doté le sol exploité dans une année donnée par le système radiculaire de la Vigne. A l'appui de ces dires, nous nous proposons de montrer dans la présente Note, en prenant l'exemple de l'acide phosphorique, combien peuvent être parfois opposés les résultats obtenus, d'une part par l'analyse chimique d'un sol suivant la méthode utilisée couramment dans les laboratoires agricoles, et de l'autre par notre méthode d'observation.

Les chiffres de la colonne IV ont été calculés en prenant la moyenne des teneurs en P_2O_5 dans la feuille aux périodes début floraison, fin floraison, pleine véraison, maturité.

La colonne V donne la proportion de P_2O_5 contenue dans la feuille par rapport à celle, cotée 100, des vignobles que nous estimons suffisamment alimentés en P_2O_5 (²).

Il résulte de ces données que :

1° Il y a peu de rapport dans la plupart des cas cités entre P_2O_5 assimilable déterminé par l'analyse du sol et P_2O_5 réellement présent dans la feuille.

2° On peut constater, en comparant 1 et 2, 7 et 8, 9 et 10, que le sol paraissant le mieux pourvu en P_2O_5 dit assimilable est celui qui livre le moins de P_2O_5 à la plante.

3° Notre méthode d'observation par l'analyse de la feuille nous permet d'apprécier la plus ou moins bonne utilisation de cet aliment nutritif suivant l'année. Ex. : 92 % de la référence en 1946 et 80 en 1947 pour la vigne n° 1; 45 % en 1946 et 52 en 1947 pour la vigne n° 2.

4° Dans les exemples choisis, deux vignobles de Champagne et un d'Alsace se trouvent dans des conditions particulièrement favorables à l'utilisation de P_2O_5 disponible (l'analyse des terres de Cramant dit l'inverse) et semblent de ce fait s'alimenter en cet élément plus qu'il n'est utile pour la bonne

(¹) *C. R. Ac. d'Agriculture*, 23 mai 1945.

(²) *C. R. Ac. d'Agriculture,* 13 octobre et 15 décembre 1948.

marche de la végétation, entraînant ainsi un déséquilibre du chimisme de la feuille par excès de P_2O_5.

Communes.	Analyse de la terre (1) (°/oo) de terre fine. I. CO_3Ca.	II. P_2O_5 présumé assimilable.	III. Besoin en engrais phosphaté.	Diagnostic foliaire. IV. P_2O_5 dans la feuille °/oo de matière sèche (moyenne des 4 prélèvements). 1946.	1947.	V. P_2O_5 % de la référence. 1946.	1947.	VI. Estimation de l'alimentation en P_2O_5.
Aude.								
1. Coursan, Grand Selve n° 4..	224	0,34 à 0,38	Nul	4,6	4,0	92	80	Bonne
2. Montlaur, Clos « Teinturier ».	158	0,63	»	2,25	2,6	45	52	Mauvaise
3. » Clos « Le Piot »...	228	0,33 à 0,36	»	–	2,5	–	50	»
4. Caunes, Les Piallès........	88	0,71 à 0,91	»	–	3,3	–	65	Médiocre
5. » Le Grand Carré...	Acidité	0,35 à 0,39	»	–	3,1	–	61	»
6. Villalier, La Bouriette......	300	0,70 à 0,79	»	–	3,65	–	73	Passable
Champagne (Épernay).	Sol. / S.-sol.	Sol. / S.-sol.						
7. Cramant, Les Chenelots.....	90 / 240	0,14 / 0,27	Modéré	7,0	–	141	–	Très bonne (excès)
8. » Bouron le Roy....	340 / 550	0,57 / 0,46	Nul	5,6	–	112	–	Très bonne (excès)
Alsace.								
9. Guebviller.................	Traces	1,05	Nul	7,5	–	–	150	Très bonne (excès)
10. Beblenheim..............	190	1,41	»	4,6	–	–	92	Bonne
Bas-Armagnac (Gers).								
11. Laujuzan, Samalens.........	Traces	0,14	Modéré	4,9	4,4	98	88	Bonne
12. » Robert...........	»	0,02	Intense	2,45	2,9	45	58	Mauvaise

(1) Analyses communiquées à notre laboratoire.

Pour nous résumer : Les faits révélés par le diagnostic foliaire en accord avec la pratique culturale n'enlèvent rien à l'intérêt de l'Agrologie et de la Pédologie en tant que sciences autonomes qui peuvent même être requises pour la recherche des causes, mais ils permettent de formuler de graves réserves sur la prévision que ces sciences prétendent faire du mode d'alimentation de telle culture. En comparant les résultats de l'analyse des sols à vigne avec ceux obtenus par notre méthode d'observation, on aboutit le plus souvent à une déception, et si, dans quelques cas, l'analyse du végétal conduit à une confirmation, il n'en demeure pas moins qu'elle confère en dernier recours le pouvoir de juger.

PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — *Variations spécifiques des seuils olfactifs chez l'Homme sous actions androgène et œstrogène*. Note de M. **Jacques Le Magnen**, présentée par M. Léon Binet.

Notre étude du phénomène de sensibilité à l'odeur musquée de l'exaltolide (1) évoluant chez la Femme au cours du cycle génital, nous a suggéré l'hypothèse que la variation quotidienne importante de tous les seuils olfactifs était chez l'Homme sous la dépendance d'un état physiologique général, probablement d'ordre hormonal.

Afin de confirmer cette hypothèse, nous avons tout d'abord longuement étudié chez l'Homme cette variation quotidienne des seuils de 12 substances représentant 6 groupes d'odeurs très différentes. Avec la technique des dilutions liquides, nous avons effectué chez le sujet la mesure de seuil de façon concomitante pour 2 ou 3 substances, afin de pouvoir établir le rapport de leurs variations et mettre en valeur éventuellement des comportements spécifiques du type de l'odeur. Nous avons observé les faits suivants :

1° Chez l'Homme la variation des seuils olfactifs est acyclique. Son amplitude (rapport du seuil maximum au seuil minimum) pour la plupart des odeurs étudiées est de l'ordre de 3, la valeur de cette amplitude ne semblant pas liée au type de l'odeur.

2° Pour des corps d'odeur proches (safrol, eucalyptol, camphre), des variations concomitantes des seuils sont de même sens et, de plus, elles sont parallèles (fonction linéaire). Au contraire pour des couples de substances d'odeurs très différentes (safrol, cinnamate d'éthyle par exemple), la variation des seuils d'un jour à l'autre, également de même sens en général (75 à 80 % des cas) n'est plus parallèle.

3° Les représentants des diverses odeurs ci-dessus (safrol-cinnamate d'éthyle) manifestent une variation de sens inverse avec le seuil de l'odeur urinoïde de la pyridine.

Nous avons interprété ces faits en supposant que le niveau des sensibilités olfactives, pour la plupart des types d'odeurs, était principalement conditionné chez l'Homme par le niveau d'activité hormonale androgène tandis que la sensibilité à l'odeur de la pyridine, évoluant constamment en sens inverse des autres sensibilités olfactives étudiées, manifestait ainsi l'antagonisme du système androgène et du système folliculinique chez l'Homme et variait sous l'influence prépondérante de cette dernière activité hormonale. Cette hypothèse a été confirmée de la façon suivante : nous avons injecté au sujet 50^{mg} de testostérone. Après 24 heures les seuils de toutes les substances, variant normalement plus ou moins régulièrement dans le même sens, atteignaient et,

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 694-695.

pour certaines d'entre elles, dépassaient, les minima normaux observés. Seul, au contraire, le seuil de la pyridine atteignait son maximum, c'est-à-dire son minimum physiologique de sensibilité. Afin de déterminer si le comportement de la pyridine était particulier à l'odeur de cette substance ou au type d'odeur urinoïde, nous avons alors observé les variations concomitantes normales des seuils du safrol et d'une autre odeur urinoïde, celle de la triméthylamine. Nous avons d'autre part étudié le même rapport de variations quotidiennes entre les seuils du safrol et de l'odeur musquée de l'exaltolide (à laquelle le sujet était exceptionnellement sensible). Sur six jours consécutifs, nous avons observé, comme avec la pyridine, des variations normales constamment inverses. Nous avons alors administré au sujet 10^{mg} de benzoate d'œstradiol (en deux injections). Nous avons vu immédiatement les seuils des deux odeurs urinoïdes (pyridine et triméthylamine) et de l'exaltolide atteindre et se maintenir quatre jours à un niveau très bas (sensibilité accrue), tandis que pendant la même période, la sensibilité au safrol devenait et se maintenait très faible, à un niveau inférieur au minimum physiologique. L'injection dans les jours suivants de 90^{mg} de testostérone fait revenir et maintient pendant plus d'une semaine les seuils des odeurs urinoïdes et musquées à un niveau très élevé, tandis que le seuil du safrol sous la même action androgène s'abaisse à nouveau (sans retrouver toutefois comme précédemment un niveau maximum de sensibilité, en raison sans doute d'une action persistante et antagoniste de l'œstradiol).

Il paraît donc démontré :

1° que le niveau des seuils olfactifs varie très généralement chez l'Homme sous l'action physiologique de son système hormonal androgène et pourrait servir à caractériser le niveau d'activité de ce système;

2° que le niveau de sensibilité pour les odeurs urinoïdes et les odeurs de musc (celle de l'exaltolide tout au moins), varie sous l'action du système antagoniste folliculinique et manifeste la coexistence et l'antagonisme des systèmes hormonaux androgène et œstrogène chez le mâle. On ne peut évidemment affirmer que le système hormonal sexuel est chez l'Homme la seule cause de la variation quotidienne des seuils olfactifs. Il est très vraisemblable au contraire, d'après l'observation que nous avons faite des rapports des variations de deux substances, que d'autres facteurs interviennent concurremment.

L'influence sur la sensibilité olfactive de facteurs tels que l'état sexuel agissant par voie humorale, très probablement au niveau périphérique, comme les phénomènes de sensibilisation que nous avons étudiés antérieurement [2], devra être prise en considération dans la recherche du mécanisme de l'excitabilité de l'organe olfactif.

---

[2] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 112-124.

ANTHROPOLOGIE. — *L'origine de l'*Homo sapiens.
Note (*) de M. **Henri V. Vallois**, présentée par M. Louis Fage.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai montré que la calotte humaine fossile découverte à Fontéchevade par M[lle] G. Henri-Martin, dans un dépôt datant du dernier interglaciaire, a un type différent de celui des Hommes de Néanderthal, tandis qu'elle se rapproche beaucoup de celle de Swanscombe et, jusqu'à un certain point, de celle de Piltdown. Ces résultats permettent de considérer à nouveau la question de l'origine de l'*Homo sapiens*.

Il a été longtemps classique d'envisager celui-ci comme le descendant de l'*Homo Neanderthalensis*, auquel il est très supérieur morphologiquement, et qu'il remplace brusquement vers le milieu du Wurmien. La découverte du Pithécanthrope, plus primitif encore que l'H. de Néanderthal, et en même temps plus ancien, permettait d'établir une série évolutive Pithécanthrope → *H. Neanderthalensis* → *H. sapiens*, où l'augmentation de la boîte crânienne va de pair avec la réduction de la face et du torus sus-orbitaire, et sur laquelle s'intercale peut-être, peu après l'échelon Pithécanthrope, la mâchoire de Mauer. Cette conception est toujours soutenue par divers anthropologistes; elle a été dernièrement défendue avec énergie par Hrdlička.

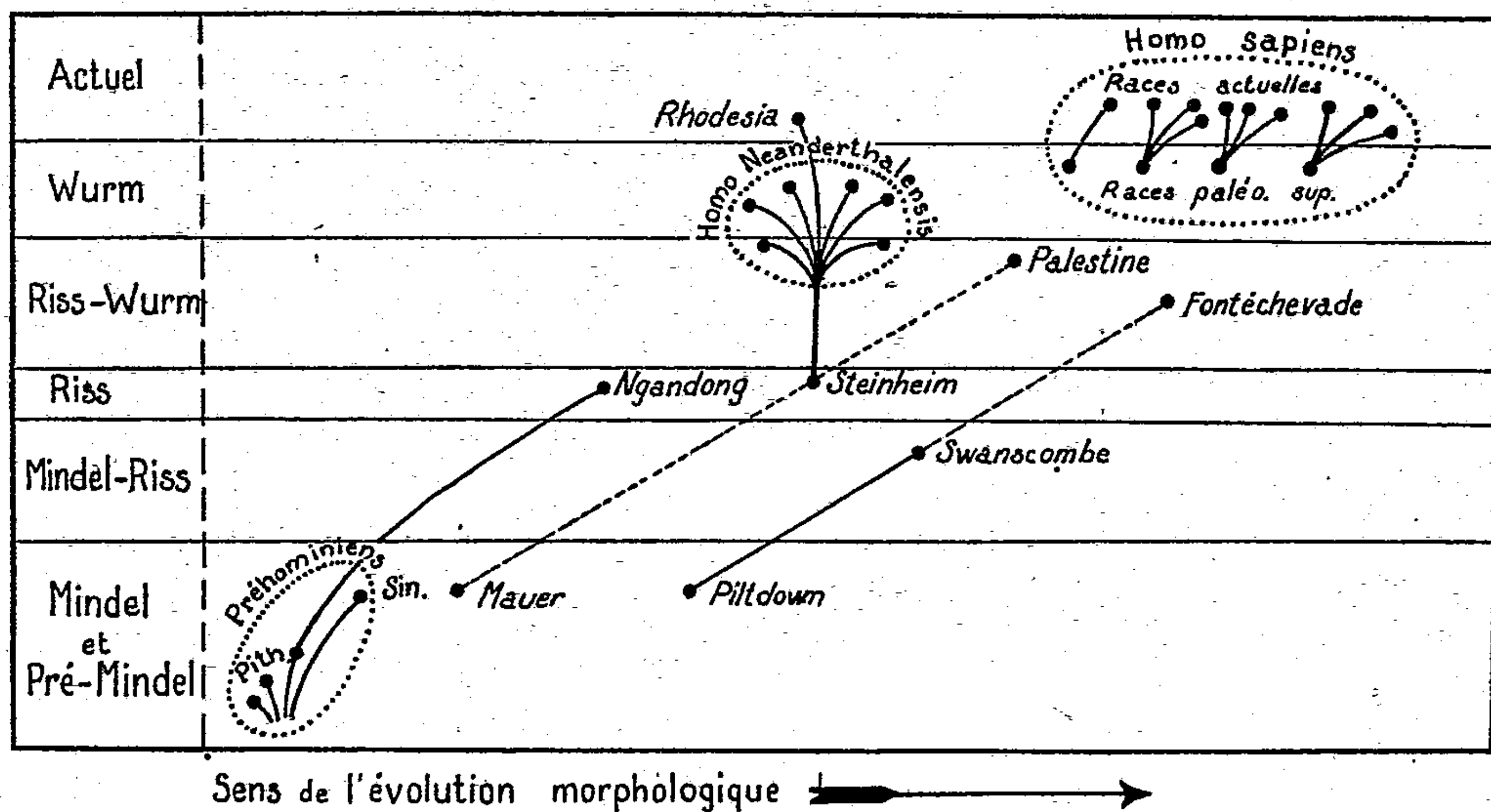
Contrairement à elle, la plupart des auteurs estiment que les Néanderthaliens typiques, ceux du Wurmien et de la fin du Riss-Wurm, sont beaucoup trop spécialisés pour avoir donné naissance aux Hommes fossiles qui leur succèdent. C'est d'un stade prénéanderthalien, à caractères plus généralisés, que doit provenir l'*Homo sapiens*. La découverte (1933) du crâne de Steiheim, plus ancien et pourtant moins éloigné de nous morphologiquement que les Hommes de Néanderthal proprement dits, favorise cette hypothèse qu'appuie la trouvaille, en Palestine, de squelettes offrant un mélange de caractères néanderthaloïdes et de Cro-Magnon.

A plusieurs reprises cependant, on avait signalé l'existence, en Europe, d'Hommes fossiles antérieurs à ceux de Néanderthal et présentant néanmoins les caractères de l'*H. sapiens*, ce qui indiquerait que celui-ci était différencié depuis très longtemps : H. de Denise (1844), de Castenedolo (1860-1869), de l'Olmo (1863), de Galley Hill (1888), de Piltdown (1912), d'Ipswich (1914), de Londres (1925) et de Swanscombe (1935) essentiellement. L'étude critique de toutes ces pièces et de leurs conditions de gisement montre que deux seulement doivent être retenues : celles de Piltdown et de Swanscombe. Encore ont-elles été trouvées dans des terrasses alluviales d'âge discuté et dont la pre-

(*) Séance du 14 février 1949.
([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 598.

mière a subi d'évidents remaniements. Bien que n'étant représentées que par des fragments de crânes, ces deux pièces faisaient soupçonner l'existence, à une date très ancienne du Quaternaire, d'Hommes dont la boîte crânienne différait de celle des Néanderthaliens ou Prénéanderthaliens pour se rapprocher de la nôtre.

La découverte de Fontéchevade montre que la lignée Piltdown-Swanscombe s'est poursuivie jusqu'à la dernière époque interglacière. Trouvé dans des conditions stratigraphiques qui ne prêtent cette fois à aucune discussion, le nouvel Homme fossile apporte la preuve définitive de l'existence, parallèlement au phylum néanderthalien, d'un second phylum humain, caractérisé



par la plus grande épaisseur de son crâne, son front droit et dépourvu de torus sus-orbitaire, l'aplatissement de sa voûte, l'élargissement de son occiput. Dire que ce phylum appartient à l'*Homo sapiens* serait abusif, car nous savons que l'Homme de Piltdown avait une mandibule extrêmement primitive et, même à Fontéchevade, certains caractères crâniens sont différents de ceux des Hommes actuels. Mais tout autant que le phylum néanderthalien, ce second phylum est sur la voie qui conduit à l'*Homo sapiens*. Peut-être est-il la seule source de celui-ci? Peut-être les deux phylums ont-ils participé à la formation de notre espèce?

On sait, d'autre part, que les Hommes de Ngandong, trouvés à Java dans des couches approximativement contemporaines du Rissien, présentent, avec un aspect général néanderthalien, des caractères qui leur font supposer une descendance directe du Pithécanthrope. Un troisième phylum humain aurait donc existé en Indonésie. Peut-être, lui-aussi, a-t-il abouti à certains *H. sapiens?* Les différences raciales que nous constatons de nos jours pour-

raient ainsi avoir une origine beaucoup plus ancienne qu'on ne le suppose généralement. Entre le stade préhominien et celui qui correspond aux formes du type actuel, un long stade intermédiaire a existé, traversé de lignées parallèles dont certaines ont dû s'éteindre plus ou moins rapidement, les autres évoluant jusqu'à nous. L'idée que l'Homme s'est développé par un seul phylum continu doit, de toute façon, être abandonnée.

CYTOLOGIE. — *Sur quelques aspects cytologiques du* corpus allatum *de* Forficula auricularia *L.* Note (*) de M. **Jean Lhoste**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les organes rétrocérébraux des Insectes n'ont fait jusqu'à présent l'objet que de rares études cytologiques, et nous ne pouvons guère citer que celles de Cazal ([1]) et d'Arvy et Gabe ([2]). Nous décrivons ci-dessous les aspects du *corpus allatum* de *Forficula auricularia* L., tel qu'il nous est apparu au cours du développement de cette espèce à la lumière d'un certain nombre de techniques cytologiques et histochimiques.

1° *Le* corpus allatum *chez les individus mâles à maturité sexuelle.* — *a. Aspects histologiques et cytologiques* : après fixation au Carnoy, au Bouin, et par les colorations topographiques ordinaires : Azan, Dominici, triple coloration de Prenant modifiée selon Gabe et Prenant ([3]), les noyaux, nombreux, apparaissent au milieu d'un cytoplasme uniformément coloré.

La recherche du chondriome par la fuchsine d'Altmann selon Gabe ([4]), soit après formol salé et mordançage à l'acétate de mercure selon Gough et Fulton, soit après Regaud et postchromisation, met en évidence de nombreuses formations fuchsinophiles très caractéristiques (*fig. b*). Les plus apparentes sont des bâtonnets pouvant atteindre 5 μ de longueur, alignés parallèlement entre eux, de section arrondie, et serrés contre le noyau. En plus de ces formations, on distingue quelques rares granulations sphériques, de diamètre varié.

Ces mêmes formations sont mises en évidence par l'hématoxyline au fer, après Regaud et postchromisation. L'application de la méthode de Benda, après fixation au Flemming sans acide acétique et mordançage par l'alun de fer ne nous a pas permis de mettre en évidence l'existence des bâtonnets, et seules quelques granulations violet foncé sont apparues, représentant vraisemblablement le chondriome proprement dit.

(*) Séance du 7 mars 1949.

(1) *Thèse Sciences*, Paris, 1947.

(2) *Rev. Canad. Biol.*, (5), 6, 1947, p. 777-796.

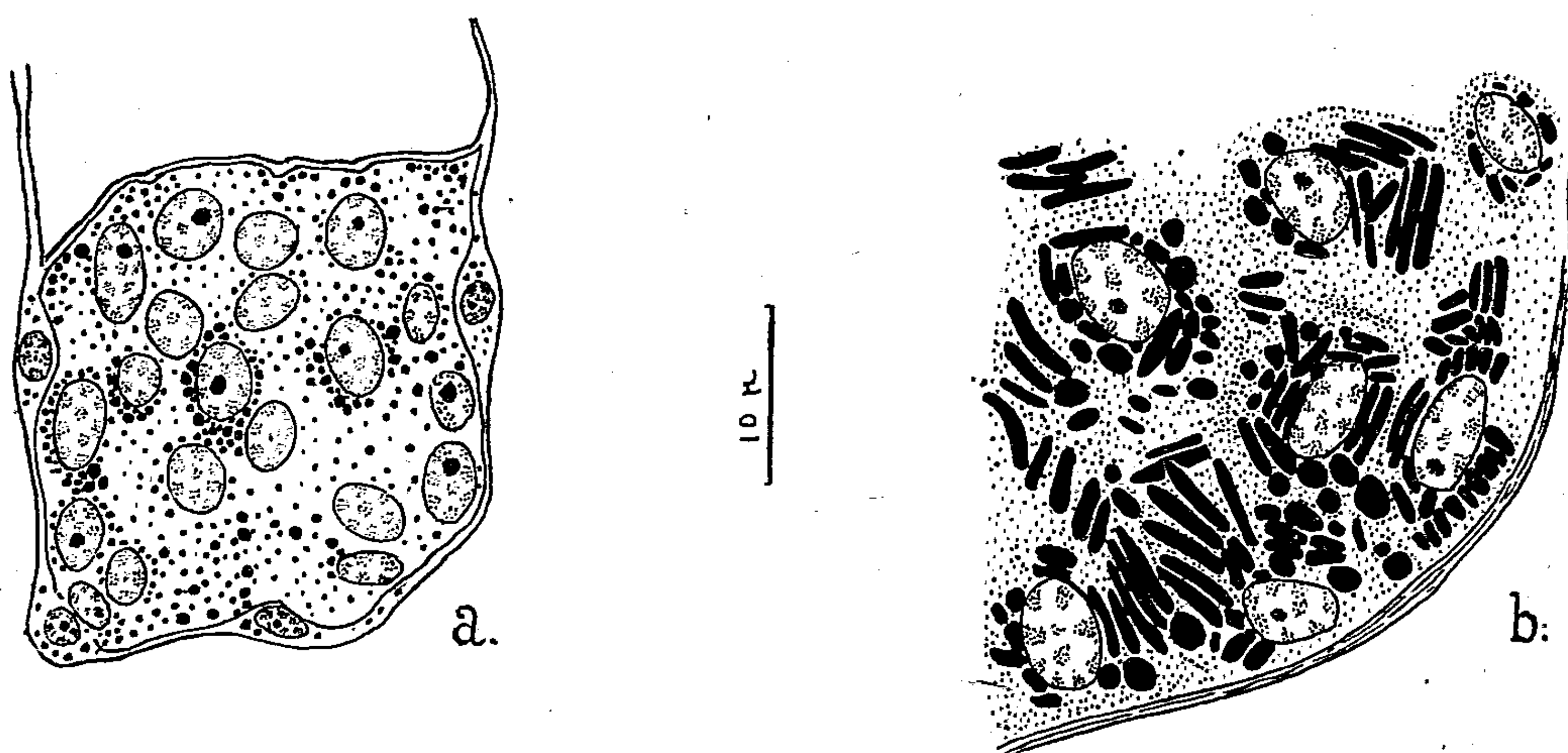
(3) *Arch. Biol.* (sous presse).

(4) *Bull. Histol. appl.*, 26, 1947, p. 5-8.

La recherche de l'appareil de Golgi par la méthode de Da Fano s'est révélée infructueuse et c'est seulement après fixation au Champy et imprégnation dans l'acide osmique selon Kolatschev-Nassonov qu'il nous a été permis de mettre en évidence quelques fines granulations à périphérie chromophile et à centre chromophobe.

b. Histochimie. — Les recherches de graisses non saturées après Champy, du glycogène par le carmin de Best, des ribonucléines par le vert de méthyl-pyronine, du fer figuré par le bleu de Prusse et le bleu de Turnbull se sont révélées négatives.

Après fixation à l'alcool absolu et microincinération, le spodogramme obtenu



Corpus allatum de *Forficula auricularia* L. après Regaud, postchromisation et coloration par la fuchsine d'Altmann-Gabe.

a, stade larvaire II. — Seules sont visibles de fines granulations fuchsinophiles; *b*, imago ♀ à maturité sexuelle. Présence des « bâtonnets » fuchsinophiles.

montre que la partie interne du *corpus allatum* est très pauvre en matières minérales alors que la membrane périphérique en est assez riche.

Donc les éléments fuchsinophiles seraient bien de nature lipoprotidique, mais sans affinité pour le violet cristal.

2° *Aperçu sur l'évolution des éléments fuchsinophiles au cours du développement.* — L'examen d'individus d'âges variés nous a montré qu'aux stades larvaires le *corpus allatum* ne contient que des grains fuchsinophiles de tailles variées dont les plus petits pourraient être des mitochondries vraies et les plus gros des grains de sécrétion (*fig. a*). Après la mue imaginale, les bâtonnets fuchsinophiles apparaissent peu nombreux d'abord, pour présenter à maturité sexuelle l'aspect précédemment décrit.

Nous avons pu observer que ces formations existent dans les deux sexes, qu'elles ne disparaissent pas après la ponte et persistent jusqu'à la mort qui survient deux ou trois mois plus tard.

Conclusion. — Le cytoplasme des cellules qui forment le *corpus allatum* de *Forficula auricularia* L. contient à tous les stades des grains fuchsinophiles, également mis en évidence, chez l'imago, par le cristal violet, ainsi que des formations osmiophiles dont certaines à centre clair et à périphérie fortement chromophile. Chez les individus mâles et femelles en pleine activité sexuelle, on trouve en outre des bâtonnets épais et allongés qui prennent la fuchsine d'Altmann et l'hématoxyline au fer mais qui ne se colorent pas par le violet cristal.

Il existe donc des différences importantes du *corpus allatum* suivant le stade du cycle évolutif de l'Insecte.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De l'influence de substances hétérogènes sur le tissu de régénération.* Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

De nombreux travaux ont mis en évidence le pouvoir plus ou moins inducteur de diverses substances hétérogènes, au stade gastrula, sur des embryons d'Amphibiens.

Nous avons recherché comment le tissu de régénération réagirait au contact de substances analogues.

La régénération est provoquée par ablation d'un bourgeon, de forme cylindroconique, de membre postérieur chez le têtard de Crapaud accoucheur (*Alytes obstetricans*). La substance expérimentée est insérée dans le régénérat, à diverses périodes du début du processus. Les résultats ne montrent pas de différence importante suivant le stade utilisé, l'exposé qui suit ne les discrimine pas. Le bourgeon symétrique est lui aussi extirpé à titre de témoin. Les animaux opérés sont conservés jusqu'à terminaison de la régénération.

Nous résumons notre expérience en énumérant les diverses substances expérimentées, le nombre total d'animaux opérés, le nombre et la qualité des régénérats obtenus [1].

1. Cholestérol, 21 opérés, 15 normaux.
2. Ergostérol, 21 opérés, 10 normaux et 1 duplication [2].
3. Benzopyrène, 28 opérés, 20 normaux et une syndactylie.
4. Embryon sec de Poulet, 27 opérés, 17 normaux.
5. Muscle sec de Bœuf, 22 opérés, 18 normaux et une excroissance spiniforme.

---

(1) Les animaux morts ou de résultats douteux ne sont pas portés, ils représentent la différence des deux chiffres.

(2) Les anomalies sont limitées aux segments distaux du membre.

6. Foie de Têtard, 13 opérés, 10 normaux.
7. Foie de Souris, 5 opérés, 5 normaux.
8. Gélose au bleu de méthylène, 14 opérés, 10 normaux ([3]).

L'ensemble de ces résultats montre, à priori, que les substances utilisées ont peu d'action; on obtient un pourcentage important de régénérations normales. Toutefois, en observant régulièrement le processus régénératif, on constate, dans 46 cas sur 104, qu'il est anormal, au début. Il y a initialement une réaction, vraisemblablement de type inflammatoire, qui détermine l'établissement d'une formation atypique. C'est, généralement, un bourgeon secondaire formé à côté ou sur le bourgeon de régénération primaire normal. Sa localisation correspond à celle de la substance implantée. On est fondé à le considérer, à ce moment, comme devant produire une formation surnuméraire. Il persiste plus ou moins longtemps sans évoluer ou peu et, eu égard au développement beaucoup plus important du bourgeon principal, semble disparaître. Dans le membre complètement régénéré, il représente alors une formation généralement très réduite et négligeable.

Nous considérons qu'il y a, dans ce cas, régénération normale; c'est ce qui est exprimé dans le résumé des résultats. Les substances agisssent à des degrés divers suivant leur nature, le muscle de Bœuf, par exemple, est plus actif que l'embryon de Poulet.

Nous estimons que deux causes principales sont responsables du caractère transitoire du bourgeon secondaire. Tout d'abord, l'implant hétérogène est plus ou moins rapidement résorbé, son action est alors insuffisamment prolongée pour être totalement inductrice. En second lieu, et c'est là semble-t-il la cause la plus importante, l'évolution du bourgeon de régénération normal inhibe celle du bourgeon secondaire. Nous avons aussi pensé que le régénérat restait indifférent à l'action de la substance implantée en raison de la lenteur de son développement; des essais pratiqués avec le benzopyrène et l'ergostérol chez 45 têtards de *Rana temporaria*, où le développement est beaucoup plus rapide, ne nous ont pas donné de résultats appréciables.

En conclusion, le régénérat présente une certaine sensibilité au contact des substances utilisées. Toutefois, celles-ci ne peuvent créer, dans le territoire de régénération, un gradient métabolique secondaire de valeur telle qu'il puisse soustraire, d'une manière permanente, une partie de ce territoire à la dominance du gradient primaire. Celui-ci, par son intensité métabolique, régularise la morphologie du régénérat initialement perturbée.

([3]) Le tryptophane, la cystine, la quinone ont été aussi utilisés, nous ne les mentionnons que pour mémoire en raison du petit nombre d'animaux opérés.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Diffusion des rayons X par les bactéries.* Note (*) de MM. **Henry Brusset** et **Boris Imelik**, présentée par M. P. Pascal.

Il a été montré que la diffusion aux petits angles d'un faisceau de rayons X géométriquement bien définis et monochromatisés sur une lame de quartz convenablement taillée, était liée à un état de très fine hétérogénéité de la matière [1]. L'un de nous a appliqué cette méthode à l'étude de nombreuses substances colloïdales ou poreuses [2]; aussi avons-nous pensé qu'un phénomène de diffusion des rayons X aux petits angles pourrait être observé avec des bactéries et ainsi renseigner sur ces substances. Le domaine d'investigation de cette méthode situé entre 20 et 200 Å correspond à des dimensions bien inférieures à celle que révèle le microscope et vraisemblablement aussi le microscope électronique, comme nous avons pu le constater avec des particules de noir de carbone [3].

Signalons aussi que cette méthode a déjà donné des renseignements sur quelques protéines et en particulier sur l'hémoglobine du sang de cheval [4].

Nous opérons avec le rayonnement $K\alpha$ du cuivre émis par un tube fonctionnant avec 10 mA sous 30 kV. Le rayonnement est monochromatisé par une seule réflexion sur une lame de quartz; la chambre photographique a une profondeur de 79^{mm} entre l'échantillon et la plaque photographique. Un écran, dont les bords de la fente sont réglables, est placé juste avant l'échantillon et élimine les rayons parasites; le vide créé dans la chambre photographique évite l'effet perturbateur que pourrait donner la diffusion due à l'air. Il importe en effet dans ces études et particulièrement pour cette étude des bactéries d'avoir un cliché pur à vide sans échantillon, parfaitement dépourvu de diffusion aux petits angles. Enfin, une tige de laiton de $1^{mm},2$ de large absorbe la radiation directe suffisamment pour éviter le phénomène de halo. On peut donc observer la diffusion à partir d'un angle limité de 26′.

Nous avons examiné dans ces conditions des bactéries. Nous avons opéré avec *Pseudomonas æruginosa,* cultivé 24 heures sur gélose nutritive, lavé, desséché dans le vide à 37°C. et broyé en poudre dans un mortier d'agate.

Un premier échantillon de 6/10 de millimètre d'épaisseur ne donnait pas de diffusion mesurable, mais présentait déjà une très légère différence avec le très bon cliché à vide que nous avons obtenu.

(*) Séance du 28 février 1949.

(1) A. Guinier, *Thèse,* Paris 1939.

(2) H. Brusset, *Thèse,* Paris 1947.

(3) H. Brusset, *Comptes rendus,* 225, 1947, p. 1002.

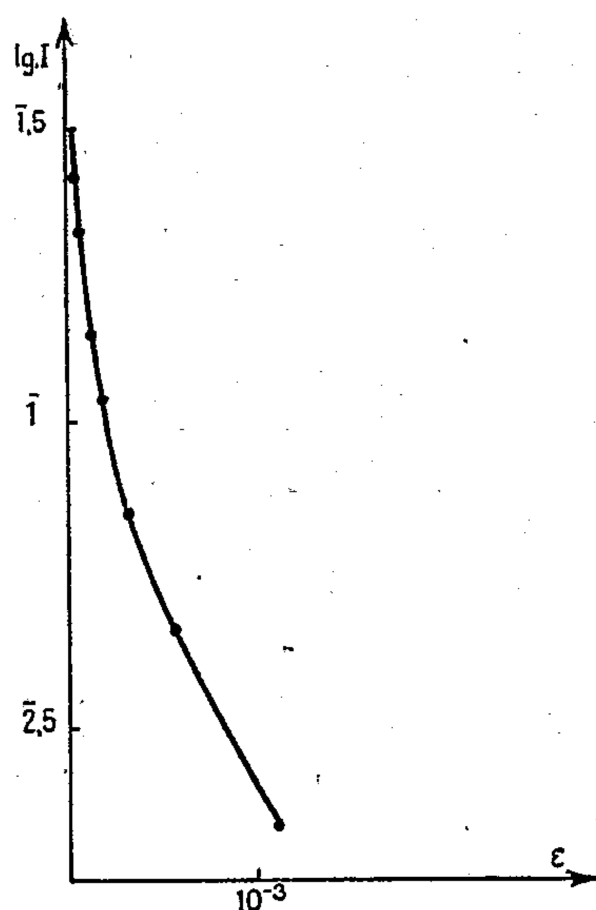
(4) A. Guinier, *Bull. Soc. Chem. Belg.,* 57, 1948, p. 286.

Nous avons alors porté l'épaisseur d'échantillon à 15/10 de millimètre en employant un faisceau direct suffisamment intense et nous avons pu observer pour une pose de 3 heures un très net phénomène de diffusion aux petits angles.

Nous avons pu passer le cliché au microphotomètre et nous avons obtenu une courbe caractéristique $\log I = f(\varepsilon^2)$, représentant l'intensité I diffusée sous l'angle ε. Cette courbe est représentée sur la figure ci-dessous.

Cette bactérie à l'état naturel (non séchée) n'a plus donné la diffusion centrale en 3 heures et avec une épaisseur de $1^{mm},5$. L'absence de diffusion peut tenir principalement à deux causes :

a. Il est possible que la différence de densité électronique entre les éléments



diffusants et le milieu environnant soit devenue trop faible, lorsque la bactérie contient de l'eau : dans ce cas, on peut être passé d'un contraste air-substance organique à un contraste eau-substance organique.

b. Il se peut aussi que la substance de la bactérie gonflée d'eau (son état normal) ne présente plus la même structure micellaire ou présente un état micellaire trop dilué.

Dans une troisième étude nous avons étudié une autre bactérie : la *mycobacterium Phlei*, provenant d'une culture de 21 jours de milieu synthétique de Sauton. Traversée par le même faisceau de rayons X, l'échantillon de $1^{mm},5$ a donné en 3 heures une nette diffusion centrale intense mais très peu étendue vers les grands angles.

Ces résultats montrent nettement qu'à l'état sec les bactéries sont susceptibles de fournir un phénomène de diffusion centrale, sous l'action des rayons X, et ainsi il en résulte un nouveau domaine d'observation de ces substances.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le comportement comparé des deux acides nucléiques du muscle, dans l'inanition protéique prolongée et dans l'atrophie par section nerveuse.* Note de M. **Paul Mandel**, Mlle **Monique Jacob** et Mme **Lila Mandel**, transmise par M. André Boivin.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré comment, lorsqu'on soumet des rats adultes à un jeûne protéique très prolongé et que l'on considère, en fonction du temps, les quantités *totales* d'acides ribonucléique et désoxyribonucléique existant dans le foie *total* des animaux, on est frappé par l'opposition entre la chute du premier acide et la constance du second. Nous avons dit pourquoi il y a lieu de penser que le nombre total des cellules du foie de chaque animal ne varie pas au cours des expériences; cela conduit à admettre que *chaque* cellule garde intacte sa teneur absolue en acide désoxyribonucléique (noyau), alors qu'elle perd beaucoup de son acide ribonucléique (cytoplasme).

Il y a lieu d'admettre, tout aussi bien, qu'à travers les graves perturbations du jeûne protéique prolongé et de l'atrophie par section nerveuse, le nombre total des cellules renfermées dans un muscle strié donné ne doit pas varier, chaque fibre se contentant de perdre une partie importante de la plupart de ses constituants. Rappelons, en particulier, comment les fibres striées se groupent en unités motrices dont chacune comprend une cellule nerveuse, d'où part une fibre nerveuse qui, à son extrémité, se ramifie en autant de branches qu'il y a, dans l'*unité* de fibres musculaires agissant synchroniquement. Ces unités s'organisent très tôt dans le développement embryonnaire et demeurent inchangées durant toute la vie de l'animal.

Nous avons expérimenté encore sur des rats adultes, en considérant un ensemble parfaitement bien défini de muscles de la patte postérieure. Le jeûne protéique a été obtenu dans les conditions décrites antérieurement à propos du foie. L'atrophie musculaire a été consécutive à une résection du sciatique droit, au tiers supérieur de la cuisse et sur 15 à 20^{mm}; puis les animaux ont été sacrifiés au bout de 10 à 30 jours. Dans le cas du jeûne, on a considéré parallèlement des lots d'animaux jeûneurs et des lots de témoins normalement nourris; dans le cas de l'atrophie, les muscles non énervés des pattes gauches ont servi de témoins. Nous pouvons résumer nos résultats en disant que lorsqu'on se réfère au bloc *total* des muscles indiqués, on voit son acide désoxyribonucléique *total* pratiquement ne pas changer au cours des expériences, alors que son acide ribonucléique *total* diminue de 30 à 60 % ; comme dans le cas du foie, il y a pertes importantes sur les protéines *totales*, mais des phénomènes d'œdème empêchent souvent de rien dire quant aux variations de volume.

(1) *Comptes rendus*, 228. 1948, p. 2019.

Ainsi, nous retrouvons, avec le muscle, l'opposition entre la constance de l'acide désoxyribonucléique (nucléaire) de chaque cellule et la variabilité de son acide ribonucléique (essentiellement cytoplasmique). Il est à noter, toutefois, que tandis que les cellules hépatiques sont uninucléées (ce qui permet de remonter à la teneur individuelle en acide désoxyribonucléique d'un noyau), les cellules musculaires striées sont multinucléées. Mais il ne paraît pas que le nombre des noyaux d'une même cellule change au cours des expériences, encore qu'une preuve irréfutable de ce fait ne puisse actuellement être administrée. Toutes nos expériences mettent donc en lumière le comportement opposé des deux acides nucléiques au cours des grandes perturbations métaboliques. L'acide désoxyribonucléique, qui semble être le substratum des caractères héréditaires (Boivin), ne bouge pas, alors que l'acide ribonucléique, lié aux grands processus métaboliques (Caspersson, Brachet), varie beaucoup. C'est une nouvelle confirmation des conclusions atteintes, dans la même direction et par d'autres voies, par divers auteurs (Davidson, Brachet, etc.) (²).

On pourrait, reprenant une terminologie, maintenant classique, que Terroine a introduite autrefois pour les lipides, parler d'un *élément constant* (acide désoxyribonucléique) et d'un *élément variable* (acide ribonucléique). Enfin nos résultats s'accordent pleinement avec les vues de Boivin, R. Vendrely et C. Vendrely, selon lesquels la teneur en acide désoxyribonucléique serait une constante pour tous les noyaux, de tous les organes, et cela chez tous les individus d'une espèce animale donnée (³).

PHARMACOLOGIE. — *Action anticonvulsivante et structure moléculaire de quelques composés hétérocycliques pentagonaux V. Durée de l'action anticonvulsivante de la diméthyldithiohydantoïne.* Note (*) de MM. **René Hazard**, **Jean Cheymol**, **Pierre Chabrier** et Mlle **Klaudia Smarzewska**, transmise par M. Léon Binet.

Un ensemble de recherches (¹) nous a fait reconnaître une action anticonvulsivante maximum à la diméthyldithiohydantoïne parmi un grand nombre de corps synthétiques se rattachant aux séries des oxooxazolidines, des thiooxazolidines, des thiohydantoïnes, etc. Action anti-épileptique montrée sur la crise déclenchée chez le Lapin par l'injection intraveineuse de 25mg de pentétrazol par kilogramme. Cette crise comporte les trois phases classiques :

(²) La bibliographie de la question est donnée par Davidson dans *Cold Spring Harbor symp. quant. Biol.*, 12, 1947, p. 50.

(³) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1061.

(*) Séance du 28 février 1949.

(¹) R. Hazard, J. Cheymol, P. Chabrier et K. Smarzewska, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1850 et 2018; 227, 1948 p. 312 et 736.

convulsions toniques, convulsions cloniques, période de flaccidité musculaire et de mâchonnement, puis retour à la normale en 6 à 8 minutes. Dans nos conditions expérimentales habituelles, une injection intraveineuse préalable du produit essayé entraîne trois possibilités : crise normale, crise raccourcie, protection.

Dans le présent travail nous avons fait varier les conditions d'action dans le temps des deux antagonistes au niveau des centres nerveux. Le sel de calcium de la diméthyldithiohydantoïne, soluble dans l'eau, est injecté à la dose optimum, parfaitement tolérée, de 50^{mg} par kilogramme.

Ces expériences effectuées sur 67 lapins, peuvent être réunies en trois groupes :

1. *Neutralisation des effets convulsivants par mélange des 2 produits* :

Le mélange

Diméthyldithiohydantoïnate de calcium...........	50^{mg}
Pentétrazol....................................	25^{mg}
Eau dist. q. s. p..............................	2^{cm^3}

correspond à une dose par kilogramme. Parfaitement limpide, il est injecté dans les veines de 4 lapins. Chez 2, il entraîne une excitation (sauts sur place se produisant après 2 à 3 minutes et chez les deux autres une crise très raccourcie (1 minute 30 secondes, et 1 minute 16 secondes).

2. *Action curative.* — Essais effectués sur 9 lapins : 5 reçoivent le pentétrazol puis l'anticonvulsivant, les 2 injections étant seulement séparées par le temps nécessaire à l'injection de 2^{cm^3} d'eau salée; 3 lapins sont parfaitement protégés, 2 ont des crises très courtes (48 et 51 secondes). Chez 4 lapins, la crise déclenchée et en pleine phase tonique, on injecte l'anticonvulsivant par l'aiguille laissée dans une veine de l'oreille, on obtient ainsi un raccourcissement considérable de la crise (1 minute; 1 minute 11 secondes; 1 minute 28 secondes; 1 minute 40 secondes).

3. *Action protectrice.* — On injecte le sel de calcium, puis le pentétrazol après un temps variable allant de 1 minute à 4 heures. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Temps après l'injection de l'anticonvulsivant.	Nombres d'animaux.	Crise			Caractère de la protection.
		normale.	diminuée.	supprimée.	
1 min...........	5	–	2	3	excitation
5 »............	4	–	–	4	»
10 »............	4	–	–	4	1 excité
15 »............	12	–	–	12	calmes
30 »............	4	–	1	3	1 excité
45 »............	4	1	1	2	»
1 h.............	4	–	–	4	3 excités
1 h 30 min.......	4	–	2	2	1 »
2 h.............	5	1	2	2	2 »
3 h.............	4	1	1	2	calmes
4 h.............	4	1	2	1	»

On constate à sa lecture que nos conditions expérimentales habituelles : intervalle de 15 minutes, séparant l'injection de pentétrazol de l'administration préalable de l'anticonvulsivant, sont les meilleures. A intervalles plus rapprochés, une phase d'excitation persiste 1 à 2 minutes après la 2e injection ; à intervalles plus éloignés, la protection diminue et, si elle persiste, elle est souvent accompagnée d'excitation marquée (sauts sur place, course désordonnée, etc).

Le pentétrazol et la diméthyldithiohydantoïne ne manifestant *in vitro* aucune affinité chimique, l'action anticonvulsivante de la seconde de ces substances doit être attribuée à l'inhibition des effets de la première au niveau des centres nerveux.

Conclusions. — Essayée dans différentes conditions de temps contre la crise due au pentétrazol chez le Lapin, l'action protectrice de la diméthyldithiohydantoïne la meilleure est obtenue par injection intraveineuse préalable de cette substance de 5 minutes à 1 heure (temps optimum : 15 minutes) avant celle du convulsivant. Cet effet se poursuit plusieurs heures, tout en s'atténuant progressivement.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Physique générale, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Marcel Brillouin* :

En première ligne..........	M. **Pierre Auger.**
En seconde ligne	M. **Louis Leprince-Ringuet.**
En troisième ligne ex æquo, *et par ordre alphabétique*....	MM. **Eugène Darmois.** **Marcel Pauthenier.**

L'Académie ajoute à cette liste les noms de MM. **René Lucas** et **Francis Perrin.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17^h35^m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 MARS 1949.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Auguste Chevalier** donne à l'Académie des nouvelles de MM. **Charles Jacob** et **Roger Heim**, actuellement en mission en Océanie et s'exprime en ces termes :

Un courrier récent, venu de Sydney, nous a apporté des nouvelles de notre confrère M. Roger Heim. Il se rappelle au bon souvenir de l'Académie. On sait que M. Roger Heim a été désigné par le Gouvernement français et par l'Académie des Sciences pour représenter, avec M. Charles Jacob, président de l'Académie des Sciences, notre pays au congrès Pan-Pacifique qui s'est tenu ces temps derniers en Nouvelle-Zélande.

La lettre de M. Heim, postée à Sydney le 10 mars, nous est parvenue quatre jours après. Comme vous le voyez les distances n'existent plus. Notre confrère est aux antipodes et l'on en a des nouvelles quatre jours après à Paris! M. Heim écrit qu'il garde un souvenir inoubliable de la Nouvelle-Zélande, de ses habitants, de ses hommes de science, de ses paysages. « Le grand volcan du Nord s'était mis en éruption la veille de notre arrivée, écrit-il; les geysers de Rotoma sont un spectacle invraisemblable de la nature; les glaciers du Sud, les plus grands du monde, le Mont Cook et ses 4000 mètres, les lacs qui valent ceux d'Italie, les gorges profondes découpées dans les schistes, l'immensité des plaines et la splendeur des murailles, quelles découvertes! J'ai glané des plantes alpines et surtout sous les forêts primitives à *Nothofagus* quelques trouvailles mycologiques de première valeur. Malgré la sécheresse, le temps fut magnifique, j'ai recueilli beaucoup de matériel bien que la saison fut peu propice. J'ai fait diverses conférences à Auckland et Wellington. M. Charles Jacob en a fait aussi. L'accueil des Néo-Zélandais nous laisse un souvenir inoubliable et je suis persuadé que, même en ce bout du monde, la culture française a des possibilités réelles, efficaces et fécondes. Ce pays est très évolué; il n'y a pas de

pauvres. Pays heureux, gens souriants et complaisants! Il subsiste quelques Maoris qu'on protège dans leurs petites villes et qui vivent heureux comme les Blancs ».

Le 10 mars M. R. Heim nous écrivait du champ d'aviation de Sydney. Il était toujours en compagnie de M. Charles Jacob, mais ils allaient se séparer, M. Charles Jacob restant deux semaines en Australie et M. Heim se rendant immédiatement en Nouvelle-Calédonie. Accueil magnifique à l'aérodrome de Sydney de la part du Consulat français, de l'Alliance française, des botanistes australiens. M. Heim est en ce moment en Nouvelle-Calédonie, remplissant une mission pour le compte de la Recherche Scientifique coloniale. Il doit y rester jusqu'à la fin de mars et il reviendra ensuite en Australie où il séjournera pendant une grande partie du mois d'avril afin de faire une conférence dans les principales villes et de faire aussi quelques excursions et herborisations à l'intérieur du pays où notre confrère est assuré à l'avance, écrit-il, d'un accueil empressé, « car, écrit-il, la France a encore un grand renom dans ces pays et le progrès scientifique est parmi les préoccupations essentielles de leurs habitants ». En Nouvelle-Zélande, le Ministre de la Recherche scientifique et industrielle a suivi en personne tous les travaux de la conférence Pan-Pacifique. M. Charles Jacob doit rentrer prochainement en France, mais M. Heim ne sera pas de retour avant le début de mai.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la permutabilité et l'antipermutabilité des opérateurs hermitiens*. Note de M. **Gaston Julia**.

Nous ne considérerons ici que des opérateurs bornés de l'espace hilbertien (ou unitaire). On sait que h est *permutable à k* ($hp.k$) si $hk = kh$; h est *antipermutable à k* ($ha.p.k$) si $hk = -kh$. Lorsque h est *à la fois $p.k$ et $a.p.k$*, on a $hk = 0$, h est *orthogonal à k*. On a vu antérieurement (¹) que $ha.p.k$ entraîne $h^{2m}p.k^n$ et $h^{2m+1}a.p.k^{2n+1}$ pour tous entiers > 0, m et n. On va donner quelques propriétés nouvelles reliant la permutabilité et l'antipermutabilité.

1. Soit $h \geqq 0$. $ka.p.h$ donne $kp.h^2$, donc $hp.k$. D'où résulte $hk = 0$. *Les seuls hermitiens a.p. à un hermitien $h \geqq 0$ sont les k orthogonaux à h;* leurs *domaines de valeurs Δ_k* et Δ_h *sont orthogonaux,* ou encore : *le domaine des valeurs de k est contenu dans le sous-espace* formé *des zéros de h* (condition $n.$ et $s.$) (²). Donc, *si h n'a pas de zéro $\neq 0$, $k \equiv 0$.* Si $\mathcal{N}$ est le sous-espace des zéros de h, k est déterminé : *a.* dans $\mathcal{N}$ par une matrice *hermitienne arbitraire conservant $\mathcal{N}$*; *b. égal à zéro dans $\mathcal{M} = \mathcal{H} \ominus \mathcal{N}$.*

(¹) G. Julia, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 792.

(²) *Ibid.*, 222, 1946, p. 829.

Lorsque h *est indéfini*, H sera l'hermitien positif unique tel que $H^2 = h^2$; H et h ont mêmes zéros formant $\mathcal{N}$, et $h = \Sigma H$ [3], $\Sigma(p.h$ et $p.H)$ étant une *symétrie* de $\mathcal{M} = \mathcal{H} \ominus \mathcal{N}$, par rapport à un certain sous-espace $V \subset \mathcal{M}$, qui correspond à h biunivoquement. H et h conservent V, $\mathcal{M}$, $\mathcal{N}$.

Si $ka.p.h$, k est $p.h^2$, donc : 1° $kp.H$ (par suite k conserve $\mathcal{N}$, donc $\mathcal{M}$), et la relation $H(\Sigma k + k\Sigma) = 0$, exprimant $ha.p.k$, montre que : 2° k *permute* V *et* $\mathcal{M} \ominus V$ [4]. Ces *deux conditions sont n. et s. pour* $ka.p.h$. Elles ramènent l'antipermutabilité à la permutabilité : les $ka.p.h$ sont $p.H$ et *permutent* V *et* $\mathcal{M} \ominus V$, tandis que les $kp.h$ sont $p.H$ et *conservent individuellement* V et $\mathcal{M} \ominus V$ (conditions *n.* et *s.*).

Par la décomposition canonique [5] $h = H' - H''$ $[H' = P_V H$, $H'' = H_{\mathcal{H}\ominus V} H$, $H' \geqq 0$, $H'' \geqq 0$, $H'H'' = 0]$, on voit que $kH' = H''k$ et $kH'' = H'k$, *lorsque* $ka.p.h$.

2. *Lorsque* $kp.h$, *on a* $kp.h^n$. Voici une *réciproque*. 1° *Si* $h \geqq 0$, on a $h^n \geqq 0$ pour tout entier $n > 0$. J'ai montré antérieurement [6] que h^n *n'admet qu'une seule racine* $n^{\text{ième}}$ *hermitienne positive* (et c'est précisément h), qui est $p.p.h^n$. Donc $kp.h^n$ *entraîne* $kp.h$ *si* $h \geqq 0$. Le cas de $h \leqq 0$ se traite de même en considérant $h' = -h$.

2° Soit h *indéfini*; les h^{2p} sont $\geqq 0$, les h^{2p+1} sont *indéfinis*.

a. h^2 est la racine $p^{\text{ième}}$ positive de h^{2p}; donc $kp.h^{2p}$ *entraîne* $kp.h^2$.

b. Soit $kp.h^{2p+1}$. Alors $kp.(h^{2p+1})^2 \doteq (h^2)^{2p+1}$, d'où $kp.h^2$ (d'après 1°), et $kp.h^{2p}$. Donc

$$kh^{2p+1} = kh.h^{2p} = h^{2p+1}k = h^{2p}.hk = hk.h^{2p}$$

(car h^{2p} est $p.h$ et $p.k$).

Par suite $(kh - hk)h^{2p} = 0$. k et h conservent $\mathcal{N}$ (zéros de h^2, donc de h et h^n), où $kh = hk = 0$. k et h conservent $\mathcal{M} = \mathcal{H} \ominus \mathcal{N}$, où $hX \neq 0$ et $h^n X \neq 0$, si $X \neq 0$; les hX et les $h^{2p}X$ sont *partout denses dans* $\mathcal{M}$ [7]; donc $kh - hk \equiv 0$ dans $\mathcal{M}$. Donc $kp.h^{2p+1}$ *entraîne* $kp.h$. On le démontre aussi par la décomposition canonique $h = H' - H''$ et $h^{2p+1} = H'^{2p+1} - H''^{2p+1}$; $kp.h^{2p+1}$ donne $kp.H'^{2p+1}$ et $kp.H''^{2p+1}$, donc $kp.H'$, $kp.H''$ (d'après 1°), et $kp.h$.

c. Plus particulièrement, k *orthogonal à* h^n (n entier > 0 quelconque) exige $\Delta_k < \mathcal{N}$ (zéros de h^n et de h), donc k *orthogonal à* h^n *entraîne* k *orthogonal à* h.

3. Il reste à *caractériser tous les hermitiens* $kp.h^2$, *lorsque* h *est indéfini*. Parmi eux figurent les $kp.h$, les $ka.p.h$, et les k *orthogonaux à* h (à la fois $p.h$ et $a.p.h$). Il est remarquable que *tout* $kp.h^2$ *se décompose en une somme d'éléments appartenant à ces trois classes de solutions particulières*.

---

(3) G. Julia, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 707.

(4) Cela signifie que le transformé de $\mathcal{N}$ par k est $\subseteq \mathcal{N}$, et que le transformé de V par k est $\subseteq \mathcal{M} \ominus V$.

(5) G. Julia, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1465.

(6) *Ibid.*, 222, 1946, p. 1466.

(7) *Ibid.*, 222, 1946, p. 1465.

En effet, *si* $kp.h^2$, k conserve $\mathcal{N}$ (zéros de h^2 ou h) et $\mathcal{M} = \mathcal{H} \ominus \mathcal{N}$. $\mathcal{N}$ et $\mathcal{M}$ *réduisent* k et l'on a $k = k_0 + k'$, où $k_0 = k$ dans $\mathcal{N}$, $k_0 = 0$ dans $\mathcal{M}$; $k' = 0$ dans $\mathcal{N}$, $k' = k$ dans $\mathcal{M}$, $k_0 k' \equiv 0$. Visiblement $hk_0 = k_0 h = 0$ et k_0 *est orthogonal à* h *et* h^2, $k' h^2 = kh^2 = h^2 k = h^2 k'$ et $k' p.h^2$. La représentation $h = \Sigma H$ conduit à considérer *dans* $\mathcal{M}$, par analogie avec les parties paire et impaire d'une fonction, les deux opérateurs bornés k'_1 et k'_2 (*nuls dans* $\mathcal{N}$) définis par $2k'_1 = k' + \Sigma k' \Sigma$ et $2k'_2 = k' - \Sigma k' \Sigma$; $k' = k'_1 + k'_2$. Or on a

$$h.(\Sigma k' \Sigma) = h \Sigma k' \Sigma = H k' \Sigma = k' H \Sigma = k' h \qquad (\text{car } h\Sigma = H \text{ et } H p.k')$$

et

$$(\Sigma k' \Sigma) h = \Sigma k' \Sigma h = \Sigma k' H = \Sigma H k' = hk';$$

par suite $hk'_1 = k'_1 h$ et $hk'_2 = -k'_2 h$, c'est-à-dire $k'_1 p.h$ et $k'_2 a.p.h$. On démontre aussi que k'_1 n'est $\equiv 0$ que pour $ka.p.h$, et k'_2 n'est $\equiv 0$ que pour $kp.h$. Par conséquent, *si* k *n'est ni orthogonal à* h, *ni* $p.h$, *ni* $a.p.h$, *et si* $kp.h^2$, *on aura* $k = k_0 + k'_1 + k'_2$, *avec* k_0 *orthogonal à* h, $k'_1 ph$, $k'_2 a.p.h$, *et* $k'_1 \not\equiv 0$, $k'_2 \not\equiv 0$, $hk'_1 \not\equiv 0$, $hk'_2 \not\equiv 0$, $hk' \not\equiv 0$. Notons $\Sigma p.k'_1$ et $\Sigma a.p.k'_2$.

En définitive, tout $kp.h^2$ *s'écrit* $k = k_1 + k_2$, *avec* $k_1 p.h$ *et* $k_2 a.p.h$. Lorsque h *n'a pas de zéro* $\not\equiv 0$, *cette décomposition est unique;* $k_0 \equiv 0$, $\mathcal{M} = \mathcal{H}$, $2k_1 = k + \Sigma k \Sigma$, $2k_2 = k - \Sigma k \Sigma$. Lorsque k *admet des zéros* $\not\equiv 0$, remplissant un sous-espace $\mathcal{N}$, cette décomposition n'est pas unique, car la décomposition $k = (k_1 + k'_0) + (k_2 + k'_0)$, où $k'_0 \not\equiv 0$ orthogonal à h, possède les mêmes propriétés. On a cependant une *décomposition canonique*, intimement liée à la structure de h, par la formule $k = k_0 + k'_1 + k'_2$ précédemment définie.

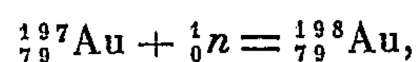
4. Le cas particulier $H = 1$, $h = \Sigma = \Sigma_V$, où V est un sous-espace *arbitraire* $\subset \mathcal{H}$, est remarquable. Car k hermitien *arbitraire* est $p.h^2$ (car $h^2 = 1$), et h n'a pas de zéro $\not\equiv 0$. On a donc, *d'une seule façon*, $k = k_1 + k_2$, avec $k_1 p.\Sigma$, $k_2 a.p.\Sigma$, $2k_1 = k + \Sigma k \Sigma$, $2k_2 = k - \Sigma k \Sigma$. k_1 *conserve* V *et* $\mathcal{H} \ominus$ V (*n.* et *s.* pour $k_1 p.\Sigma$); k_2 *permute* V *et* $\mathcal{H} \ominus$ V (*n.* et *s.* pour $k_2\ a.p.\Sigma$). Cette décomposition (unique) d'un hermitien *arbitraire* k, et par rapport à un sous-espace *arbitraire* V, comme somme d'un hermitien k_1 conservant V et $\mathcal{H} \ominus$ V, et d'un hermitien k_2 les permutant, est souvent utile dans les questions de permutabilité et d'antipermutabilité.

MÉTROLOGIE. — *Au sujet de la définition envisagée de l'unité de longueur par une onde lumineuse.* Note de MM. **Albert Pérard** et **Jean Terrien**.

A maintes reprises on a proposé d'abandonner la définition actuelle du Mètre par la règle de platine irridié et de rapporter l'unité de longueur à une onde lumineuse. La Conférence Générale des Poids et Mesures, dans sa 7[e] session en 1927, a seulement adopté la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium comme étalon fondamental pour la longueur des ondes lumineuses, en lui attribuant la valeur provisoire de 643,84696 mμ dans l'air normal. Elle n'a

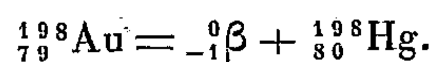
pas voulu aller plus loin, et c'est fort heureux; car la physique moderne nous offre aujourd'hui la possibilité de produire des raies spectrales meilleures. C'est ainsi que plusieurs lampes à mercure [1], préparées par le National Bureau of Standards de Washington, contenant à l'état de pureté le seul isotope de masse 198, sont actuellement à l'essai aux États-Unis, en Angleterre et au Pavillon de Breteuil.

Le mercure 198 est obtenu par transmutation de l'or sous l'action des neutrons d'une pile atomique. L'analyse isotopique de l'or naturel n'a jamais révélé qu'un seul constituant dont le nombre de masse est 197. Sous l'action des neutrons s'accomplit la réaction suivante :



$$^{197}_{79}\mathrm{Au} + {}^{1}_{0}n = {}^{198}_{79}\mathrm{Au},$$

$^{198}_{79}\mathrm{Au}$ est instable et se transforme par radioactivité β



$$^{198}_{79}\mathrm{Au} = {}^{0}_{-1}\beta + {}^{198}_{80}\mathrm{Hg}.$$

Le noyau de mercure ainsi obtenu est stable; mais on ne doit pas le laisser exposé trop longtemps aux neutrons, afin d'éviter la formation du noyau de masse 199.

En théorie, les raies de ce mercure 198 doivent être bien mieux monochromatiques que celles du cadmium et du mercure naturels. En effet, la composition isotopique de ces éléments et leurs spins nucléaires sont les suivants [2] :

Cd.			Hg.		
Masse.	Proportion.	Spin.	Masse.	Proportion.	Spin.
106	1,215%	–	196	0,15%	–
108	0,875	–	198	10,1	0
110	12,39	0	199	17,0	1/2
111	12,75	1/2	200	23,3	0
112	24,07	0	201	13,2	3/2
113	12,26	1/2	202	29,6	0
114	28,86	0	204	6,7	0
116	7,58	0			

Le spectre du mercure 198, isotope isolé et sans spin, doit être dépourvu de structure hyperfine, tandis qu'une telle structure se manifeste dans toutes les raies des deux éléments mercure et cadmium naturels; seule la raie rouge du cadmium fait exception [3]. La masse atomique du mercure est plus élevée que celle du cadmium, l'élargissement de ses raies par effet Doppler-Fizeau est donc moindre à une même température; et cette température peut aussi

(1) MEGGERS, *Journ. Opt. Soc. Amer.*, 38, 1948, n° 1, p. 7.

(2) *Rev. Mod. Phys.*, 20, n° 4, octobre 1948; G. T. SEABORG et I. PERLMAN, *Table of isotopes*, p. 612 et 630, et Tables annuelles de constantes et données numériques, 26, 1938, p. 44-74 et 44-82.

(3) Voir à ce sujet, R. MINKOWSKI et H. BRÜCK, *Zeitschr. für Physik*, 95, 1935, p. 297.

rester très inférieure à celle de 280°C. nécessaire pour le cadmium. Quant aux avantages pratiques du mercure, ils sont illustrés par l'emploi si répandu des lampes fonctionnant avec ce métal; la lampe à mercure 198, confiée au Bureau international par le National Bureau of Standards, est un simple tube scellé en verre Vycor de 5^mm^ de diamètre intérieur, contenant 3^mg^ de mercure 198 et de l'argon pur sous une pression de 3^mm^ de mercure; il s'illumine dans le champ de haute fréquence d'un oscillateur à lampes fonctionnant à la fréquence de 100 Mc/s environ.

Nous avons observé les interférences des deux raies jaunes et de la raie verte du mercure 198, émises dans les conditions qui viennent d'être indiquées, par le côté du tube, la température du tube en fonctionnement à l'air libre étant environ 30°C. A l'interféromètre de Michelson, les anneaux à l'infini aux différences de marche de 105, 153 et 203^mm^,4 sont bien nets; à 252^mm^, la raie verte présente un renversement accusé, mais non les raies jaunes; ces expériences seront reprises avec un refroidissement artificiel du tube à mercure.

La longueur d'onde de ces trois raies dans l'air normal a été comparée à celle de la raie rouge du cadmium émise par une lampe Michelson conforme aux spécifications de la Conférence Générale des Poids et Mesures. Le tableau suivant donne les longueurs d'onde mesurées par nous aux différences de marche 105, 153 et 203^mm^,4, ainsi que les résultats provisoires obtenus antérieurement par W. F. Meggers aux États-Unis et par H. Barrell en Angleterre (la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium est prise égale à 643^mμ^,846 96).

Meggers.	Barrell.	Pérard et Terrien.	e: 105^mm^.	e: 153^mm^.	e: 203^mm^,4.
mμ 579,066 28	mμ 579,066 28	mμ 579,066 30	+,000	+,018	—,018
576,959 83	576,959 85	576,959 86	+,002	+,014	—,015
546,075 32	546,075 31	546,075 33	—,005	—,003	+,014

e écarts (changés de signe) des excédents fractionnaires observés aux trois différences de marche, par rapport aux excédents calculés au moyen de la longueur d'onde inscrite à la colonne Pérard et Terrien.

Ces nombres ne doivent être considérés que comme des résultats préliminaires; mais il est agréable de constater qu'ils s'accordent bien, les écarts n'étant pas supérieurs aux erreurs possibles des observations.

De nouvelles comparaisons entre les anneaux à l'infini de la raie rouge du cadmium et des raies du mercure 198 à des différences de marche progressivement croissantes, et une étude de l'effet des conditions d'excitation doivent compléter ces expériences sur le mercure 198.

Par ailleurs il ne faut pas oublier que d'autres éléments peuvent être préparés à l'état de pureté isotopique : c'est ainsi que Kösters, en Allemagne, a déjà employé des raies d'un isotope du krypton séparé par diffusion, et que

Siegbahn, en Suède, est en mesure d'isoler par séparation électromagnétique des isotopes d'éléments quelconques en quantité pondérable. Pour avoir une tension de vapeur suffisante, le mercure ne peut guère être refroidi au-dessous de la température ambiante, tandis que dans le krypton, la décharge électrique est facilement obtenue à la température de l'azote liquide; et l'élargissement de ses raies par effet Doppler-Fizeau reste alors un peu inférieur à celui du mercure.

Lorsque les études nécessaires auront été achevées dans les divers laboratoires, la Conférence Générale des Poids et Mesures pourra décider si l'étalon primaire de longueur doit devenir une longueur d'onde lumineuse : Dans le cas favorable, elle aura à fixer l'élément et la raie choisis, ainsi que le mode d'excitation recommandé.

M. **Arnaud Denjoy** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie la quatrième et dernière partie en deux fascicules d'un Ouvrage intitulé : *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique*. Comme dans le début de ce Livre, j'ai, à l'occasion des problèmes posés par mon sujet, traité les théories générales intéressant les fonctions de variables réelles.

M. **René Souèges**, faisant hommage de son ouvrage : *La Vie végétale, La Dynamique de la Vie* [1], s'exprime en ces termes :

Cet ouvrage est seulement une analyse critique des fonctions de l'individu que représente la plante type, la plante *verte* composée de ses trois membres fondamentaux, racine, tige et feuilles. Ce qui concerne la physiologie de l'espèce n'a pas été abordé, non plus que les manifestations vitales qui se rattachent aux divers mouvements, au développement et à la croissance avec toutes leurs modalités, l'étude de ces mouvements devant faire l'objet d'un deuxième volume qui aura pour sous-titre : *La cinématique de la Vie*.

Ce premier volume traite de la Dynamique, c'est-à-dire des forces, de nature physique et chimique, qui déterminent le fonctionnement vital. L'originalité de l'ouvrage réside surtout dans l'ordre selon lequel les fonctions ont été envisagées, cet ordre reposant sur des *bases cytologiques* bien définies.

La cellule est prise pour point de départ. Au contenu cellulaire se trouvent rattachés les processus chimiques de l'assimilation et de la désassimilation; aux membranes cellulaires (membrane cellulosique non vivante et membrane plasmatique vivante), tout ce qui dépend de leurs propriétés mécaniques ou

---

[1] Un vol. 301 p. Bibliothèque de Philosophie scientifique dirigée par M. Paul Gaultier, membre de l'Académie des Sciences morales et politiques.

physiques, tout ce qui ressortit au revêtement, à l'absorption et à la circulation des liquides.

Il ne faut pas chercher dans ce livre une documentation parfaite; mon but a été seulement d'écrire quelque chose qui fût accessible à toute personne cultivée et susceptible de rendre quelques services aux élèves de nos Écoles et Facultés.

M. **Albert Demolon** fait hommage de son Ouvrage : *La Génétique des sols.*

M. **Henri Besairie** fait hommage d'un Ouvrage polycopié en deux volumes : *Recherches géologiques à Madagascar* (*Deuxième suite*). *L'extrême Sud et le Sud-Sud-Est.*

M. **André Donatien** fait hommage à l'Académie d'une série d'Ouvrages et de tirages à part constituant son Œuvre scientifique.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Marcel Brillouin*, décédé.

Le nombre des votants étant 56, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages	
	1er tour.	2e tour.
M. Louis Leprince-Ringuet	24	33
M. Pierre Auger	16	19
M. Eugène Darmois	10	3
M. Marcel Pauthenier	6	1

M. **Louis Leprince-Ringuet** ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Neuro-physiologie générale du Collège de France, pour la première ligne, M. *Alfred Fessard* obtient 43 suffrages; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Paul Benoit* obtient 39 suffrages; il y a 2 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Alfred Fessard.**
En seconde ligne .... M. **Paul Benoit.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gustave Lesbouyries. *Reproduction des mammifères domestiques. Sexualité.*

2° Svenska Geofysiska Föreningen. *Tellus, A quarterly journal of geophysics.* Volume I, number I.

3° Sten Ahlner. *Utbredningstyper bland Nordiska Barrträdslavar* (Université d'Uppsala, Thèse).

4° Gunnar Knutsson Aschan. *Aero-otitis media and aerosinusitis* (id.).

5° Arne Björk. *The face in profile. An anthropological X-Ray investigation on Swedish children and conscripts* (id.).

6° Svante Bursell. *Therapeutical investigations on induced cancer in mice* (id.).

7° Sigurd Hoffman. *Studien über das integument der solenogastren* (id.).

8° Bo Kjellberg. *On certain integral and harmonic functions* (id.).

9° Per-Olov Löwdin. *A theoretical investigation into some properties of ionic crystals* (id.).

10° Anders Lundström. *Tooth size and occlusion in twins* (id.).

11° David Malmqvist. *Structure of the muonionalusta iron meteorite and a method of determining the orientation of lamellae of actahedrites* (id.).

12° Fried Nilsson. *Anaemia problems in rheumatoid arthritis* (id.).

13° Karl Johan Öbrink. *Studies on the kinetics of the parietal secretion of the stomach* (id.).

14° Gunnar Odén. *Final results of osteosynthesis of fractures of the femorat neck ad modum Sven Johansson* (id.).

15° Wilhelm Rodhe. *Environmental requirements of fresh-water plankton algae* (id.).

16° Hans Eric Ronge. *Ultraviolet irradiation with artificial illumination* (id.).

17° Hugo Sjörs. *Myrvegetation i bergslagen* (id.).

18° Tord Skoog. *Dupuytren's contraction* (id.).

19° Christina Sperber. *A taxonomical study of the naididae* (id.).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la vibration d'un haut-parleur elliptique.* Note (*) de M. Robert Campbell, présentée par M. Joseph Pérès.

L'étude de la vibration d'un haut-parleur assimilé à une plaque plane elliptique conduit à écrire l'équation des ondes dans un espace rapporté à un faisceau de quadriques homofocales quelconques.

L'équation $\nabla^2 V + \lambda^2 Y = 0$, après séparation des variables, se ramène alors à trois équations différentielles. Ce calcul a déjà été effectué plusieurs fois. Möglich ([1]) a montré que chacune de ces trois équations pouvait se ramener à un type unique, qui s'écrit [avec les notations de Malurkar ([2])] :

$$\frac{d^2 y}{du^2} + (a_0 - a_1 k^2 sn^2 u - n^2 k^4 sn^4 u) y = 0 \tag{1}$$

et qui est dite équation de Lamé à trois termes.

Les valeurs propres de cette équation ont déjà été étudiées longuement par Möglich. L'objet de cette Note est d'appliquer à leur détermination le procédé qui a réussi à Ince dans son intégration de l'équation de Lamé ([3]), et également d'utiliser un résultat récemment obtenu par M. Léon Brillouin pour le calcul de l'exposant caractéristique ([4]). La méthode employée a l'avantage de fournir la solution périodique de l'équation non sous la forme d'une série de puissances de fonctions elliptiques $\Sigma A_n sn^n u$, mais sous la forme usuelle d'une série trigonométrique. Le changement de variable $v = am(u, k)$ transforme en effet l'équation (1) en celle-ci :

$$\left(1 - \frac{k^2}{2} + \frac{k^2}{2}\cos 2v\right)\frac{d^2 y}{dv^2} - \frac{k^2}{2}\sin 2v \frac{dy}{dv} + (R + S\cos 2v + T\cos 4v) y = 0, \tag{1'}$$

avec

$$R = a_0 - \frac{a_1 k^2}{2} - \frac{3}{8} n^2 k^2, \qquad S = \frac{1}{2}(a_1 k^2 + n^2 k^4), \qquad T = -\frac{n^2 k^4}{8}.$$

Pour chercher une solution de période $2K$ en u, et par exemple paire, on la pose sous la forme $\sum_0^\infty C_r \cos 2rv$, la relation de récurrence obtenue pour les C_r

---

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) *Annalen der Physik*, 83, 1927, p. 609.

([2]) *Indian Journal of Physics*, 1935, p. 52 (k désigne le module des fonctions elliptiques, n est une constante donnée, a_0 et a_1 restent à déterminer pour que l'intégrale de l'équation soit périodique).

([3]) Ince, *Proc. Royal Soc. of Edinburgh*, 1939, p. 83.

([4]) *Quart. applied Math.*, 6, juillet 1948, p. 167.

s'écrit

$$(2)\qquad \left[R - 4r^2\left(1-\frac{k^2}{2}\right)\right]C_r + \left[\frac{S}{2} - \frac{k^2}{4}r(r+1)\right](C_{r-1}+C_{r+1})$$
$$-\frac{k^2}{4}(r-1)(r-2)[C_{r-1}-C_{r+1}] + \frac{T}{2}(C_{r-2}+C_{r+2}) = 0.$$

Elle est à cinq termes, mais plus symétrique que celle qui donne les A_n et qui n'est qu'à quatre termes.

Les 3 premières relations, irrégulières, s'écrivent :

$$C_0 R + C_1\left(\frac{S+k^2}{2} - 1\right) + C_2\frac{T}{2} = 0,$$
$$C_0 S + C_1\left[\frac{T}{2} + R - 4\left(1-\frac{k^2}{2}\right)\right] + C_2\left(\frac{S}{2} + k^2 - 4\right) + C_3\frac{T}{2} = 0,$$
$$C_0 T + C_1\left(\frac{S-k^2}{2} - 1\right) + C_2\left[R - 16\left(1-\frac{k^2}{2}\right)\right] + C_3\left(\frac{S}{2} - 9\right) + C_4\frac{T}{2} = 0.$$

L'équation caractéristique s'obtient comme d'habitude en annulant le déterminant infini du système des équations précédentes. Si r est très grand, C_r/C_{r-1} tend vers la valeur $[(1-k')/k]^2$ (avec $k'^2 = 1 - k^2$). La série est donc convergente ($k^2 < 1$) et plus rapidement que $\Sigma A_n sn^n u$.

On obtient de même les solutions impaire de période $2K$, impaire et paire de période $4K$. Ces fonctions généralisent les fonctions de Lamé, auxquelles elles se réduisent si $n = 0$. Ces fonctions, orthogonales et normales, permettent de résoudre le problème de la vibration du haut-parleur dans le cas où le piston de celui-ci traverse les deux côtés de l'écran (qui rayonne par ses deux faces), ou bien ne traverse pas l'écran, qui ne rayonne que par sa face avant (onde arrière anéantie par une boîte absorbante). Le piston lui-même pouvant se trouver en n'importe quel point de la surface de l'ellipse.

On pourra envisager aussi des solutions de la forme

$$v = \sum_0^\infty C_r^f \cos(2r - f)\varphi.$$

Si, en particulier f est égal à une fraction r/s, y aura pour période $2sK$ en u. Les relations de récurrence se forment de manière analogue, ainsi que l'équation caractéristique. Il suffit de changer r en $r - (f/2)$ dans la relation (2).

Exposant caractérisque. — Les nombres a_0, a_1, n étant donnés, et *non liés* par l'équation caractéristique, le calcul de l'exposant caractéristique μ de Floquet est fourni par la méthode récente de M. Léon Brillouin. L'équation à coefficients périodiques (1') étant écrite sous la forme $(d^2Y/d\varphi^2) + f(\varphi)Y = 0$ grâce au changement $y = Y(1 - k^2\sin^2\varphi)^{-\frac{1}{4}}$, on en a deux solutions, de période π en φ : l'une $U(\varphi)$ paire, l'autre $V(\varphi)$ impaire

$$\left.\begin{matrix}U\\V\end{matrix}\right\} = M(1 - K^2\sin^2\varphi)^{\frac{1}{4}}\sum_0^\infty\left\{\begin{matrix}c_r\\d_r\end{matrix}\right\}(a_0, a_1, n, k^2)\left\{\begin{matrix}\cos 2r\varphi\\ \sin 2r\varphi\end{matrix}\right..$$

En choisissant alors M pour que $U'V - UV' = 1$, l'exposant μ est donné par la formule

$$\operatorname{ch}\mu\pi = M\sqrt{1-k^2}\left[\sum_0^\infty (-1)^r c_r\right]\left[\sum_1^\infty (-1)^s s\, d_s\right],$$

où les deux séries alternées sont absolument et très rapidement convergentes. Il suffit d'ailleurs de remplacer $\operatorname{ch}\mu\pi$ par ± 1 pour obtenir une forme nouvelle et commode de l'équation caractéristique.

TOPOLOGIE. — *Sur la structure presque complexe d'une variété différentiable réelle.* Note (*) de M. **Wu Wen-tsün**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit $G_{n,m}$ [1] la variété des sous-espaces *orientés* X^m de dimension m d'un espace vectoriel R^{n+m} de dimension $n+m$. L'ensemble des $X^m \in G_{n,m}$ coupant un sous-espace fixe de dimension $n+2k-2$ de R^{n+m} suivant un sous-espace de dimension $\geqq 2k$ est un cycle entier de dimension $mn-4k$, $0 \leqq 2k \leqq m$. Leurs classes de cohomologie duales de dimension $4k$ seront désignées par P^{4k}. L'ensemble des $X^m \in G_{n,m}$ coupant un sous-espace fixe de dimension $n+k-1$ de R^{n+m} suivant un sous-espace de dimension $\geqq k$ est un cycle mod 2 dont les classes de cohomologie duales de dimension k, aussi mod 2, seront désignées par W^k, $0 \leqq k < m$. De même, la classe de cohomologie entière duale au cycle entier constitué par les sous-espaces $X^m \in G_{n,m}$ contenus dans un sous-espace fixe de dimension $n+m-1$ de R^{n+m} sera désignée par P_0^m. On pose $W^m = (P_0^m)_2$, où $(_2)$ est la réduction mod 2.

Soit M^m une variété différentiable orientale de dimension m. Sa structure fibrée tangente, dont les fibres sont définitivement orientées correspondant à une orientation fixe de M^m, est engendrée par une certaine application $f: M^m \to G_{n,m}$ pour n assez grand. Les classes $f^*P_0^m$, f^*P^{4k}, $0 \leqq 4k \leqq m$, et f^*W^k, $0 \leqq k \leqq m$ sont alors des invariants de la variété M^m que nous désignerons respectivement par $P_0^m(M)$, $P^{4k}(M^m)$ et $W^k(M^m)$. Nous remarquerons que pour la variété M^m orientée en sens inverse, ou $-M^m$, on a $P_0^m(M^m) = -P_0^m(-M^m)$, $P^{4k}(M^m) = P^{4k}(-M^m)$ et $W^k(M^m) = W^k(-M^m)$.

Nous introduirons une indéterminée t et poserons

$$P(M^m, t) = \sum_k (-1)^k P^{4k}(M^m)\, t^{2k},$$

$$W(M^m, t) = \sum_k W^k(M^m)\, t^k.$$

2. Soient n, m des nombres pairs [2] et $C_{n,m}$ la variété des sous-espaces

(*) Séance du 14 février 1949.

(1) *Cf.* L. Pontrjargin, *Mat. Sbornik*, 21, (63), 1947, p. 233-284.

(2) *Cf.* S. Chern, *Annals of Math.*, 47, 1946, p. 85-121.

complexes U^m de dimension complexe $m/2$ d'un espace unitaire U^{n+m} de dimension complexe $(n+m)/2$. L'ensemble des $U^m \in C_{n,m}$ coupant un sous-espace complexe fixe de dimension complexe $n/2+k-1$ de U^{n+m} suivant un espace complexe de dimension complexe $\geqq k$ est un cycle entier de dimension $2k$ dont la classe de cohomologie duale sera désignée par C^{2k}, $0 \leqq 2k \leqq m$. Les classes mod 2, déduites de C^{2k} par réduction mod 2, seront désignées par C_2^{2k}.

Une structure fibrée sphérique presque complexe σ définie sur la base K et à fibre sphérique de dimension $m-1$, m paire, peut être engendrée par une certaine application $f: K \rightarrow C_{n,m}$, pour n assez grand. Les classes f^*C^{2k} et $f^*C_2^{2k}$ sont alors des invariants de cette structure que nous désignerons par $C^{2k}(\sigma)$ et $C_2^{2k}(\sigma)$ respectivement. Ce sont des invariants de Chern. Nous poserons

$$C(\sigma, t) = \sum_k C^{2k}(\sigma) t^k, \qquad C_2(\sigma, t) = \sum_k C_2^{2k}(\sigma) t^k.$$

3. Supposons que n, m soient pairs. En identifiant les espaces U^{n+m} et R^{n+m} et en considérant un espace complexe de dimension complexe $m/2$ comme un sous-espace de dimension m naturellement orienté, on obtient une application canonique $\mathfrak{S}: C_{n,m} \rightarrow G_{n,m}$. La considération de son type d'homologie nous donne le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Si la variété orientée* M^m (*m pair*) *admet une structure presque complexe* σ, *on a*

$$P_0^m(M^m) = C^m(\sigma),$$
$$W(M^m, t) = C_2(\sigma, t),$$
$$P_-(M^m, t) \doteq C(\sigma, t) \cup C(\sigma, -t).$$

Ce théorème donne quelques conditions nécessaires pour qu'une variété orientée admette une structure presque complexe. Ces conditions sont aussi suffisantes dans le cas $m = 4$ (3).

TOPOLOGIE. — *Sur une partition en cellules associée à une fonction sur une variété*. Note (*) de M. **René Thom**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit f une fonction numérique, deux fois différentiable sur une variété compacte à n dimensions V_n à structure deux fois différentiable. Supposons que f ne présente sur V_n qu'un nombre *fini* de points critiques *non dégénérés*.

Soit P un point critique de type p. Dans une carte locale autour de P (1),

(3) Cf. *Comptes-rendus*, 227, 1948, p. 1076-1078.

(*) Séance du 14 mars 1949.

(1) M. Morse, *Functional Topology and abstract variational Theory* (*Memorial*, p. 44, Lemma 10).

f s'écrit

$$f(x) = f(P) - x_1^2 - x_2^2 \ldots - x_p^2 + x_{p+1}^2 + \ldots + x_n^2.$$

Associons à chaque point critique P_i une carte dans laquelle $f(x) - f(P_i)$ se présente sous cette forme réduite. On complète alors ce système de cartes en un recouvrement fini de V_n en y ajoutant un nombre fini d'ouverts U_k ne contenant aucun des points critiques. On peut alors, à l'aide d'une partition différentiable de l'unité, définir sur V_n une forme ds^2 partout positive et une fois différentiable, qui, au voisinage de chaque point critique, se réduise au ds^2 euclidien dans la carte associée. La variété V_n est ainsi dotée d'une métrique, et l'on peut définir en tout point x de V_n différent de P_i, le vecteur

$$X(x) = \text{grad} f \neq 0.$$

Le champ de vecteurs X définit un *groupe* G *d'homéomorphismes à un paramètre*. Les points critiques P_i, pour lesquels $X = 0$, sont les *points fixes* des transformations de G.

Soit Γ une trajectoire du groupe G. La fonction f est monotone sur Γ, et les valeurs limites prises par f lorsqu'on s'éloigne dans l'un ou l'autre sens sur Γ sont des valeurs critiques. Les points limites de Γ sont alors des points critiques, de sorte que *toute trajectoire* Γ *joint un point critique* P_i *à un autre point critique* P_j $\big(f(P_i) < f(P_j)\big)$.

L'ensemble des trajectoires Γ aboutissant au point critique O constitue, au voisinage de O, une p-cellule; ainsi qu'on le voit en coupant par la variété de niveau $f = -\varepsilon^2$, on obtient pour $-\varepsilon^2 < f \leq 0$, une p-cellule B_p définie par

$$x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_p^2 < \varepsilon^2, \qquad x_{p+1} = \ldots = x_n = 0,$$

dont le bord est une sphère de dimension $p - 1$

$$(S_{p-1}) \quad x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_p^2 = \varepsilon, \qquad x_{p+1} = \ldots = x_n = 0.$$

Désignons par t le paramètre du groupe G. Si l'on fait subir à $S_{(p-1)}$ toutes les transformations du semi-groupe $t < 0$ (qui diminuent f), il est clair que $S_{(p-1)}$ va engendrer un lieu homéomorphe à $S_{(p-1)} \times R^-$. Il en résulte que le lieu de toutes les (Γ) qui aboutissent en O est une p-cellule ouverte Z_p. Ainsi :

Théorème. — *A toute fonction f ne présentant sur* V_n *qu'un nombre fini de points critiques non dégénérés, on peut associer une décomposition de* V_n *en cellules, chaque point critique de type p étant le centre d'une p-cellule ouverte.*

Il suffit d'associer à tout point x de V_n le point d'aboutissement de la (Γ) passant par x.

La décomposition ainsi obtenue n'est pas, en général, une subdivision cellulaire de V_n qui soit le support d'un complexe. Elle en possède cependant certaines propriétés.

Si l'on désigne par K^p l'ensemble des q-cellules pour $q \leq p$, et par β_p le

$p^{\text{ième}}$ nombre de Betti, on voit sans difficulté que tout p-cycle dans V_n peut être déformé sur K^p, donc que $\beta_p(K^p) \geqq \beta_p(V_n)$ et $\beta_p(K^{p+1}) = \beta_p(V_n)$.

D'autre part, si l'on enlève de $K^{(p)}$ i_p p-simplexes, un dans chacune des cellules Z^p, on constate que le polyèdre restant peut être rétracté sur $K^{(p-1)}$. Un raisonnement assez simple permet alors de montrer que le nombre i_p des p-cellules est $\geqq \beta_p(V_n)$, ce qui démontre l'inégalité classique de M. Morse.

Remarque. — Au cas où la partition en cellules associée à f est une subdivision cellulaire de type classique, la partition associée à $(-f)$ est la *subdivision duale* de la subdivision donnée.

Applications. — 1° Le nombre de points critiques de type 1 d'une fonction sur une variété est supérieur ou égal au nombre minimum de générateurs du groupe fondamental.

2° Le nombre de points critiques de type 2 est supérieur ou égal au nombre minimum de relations liant le groupe fondamental ([2]).

3° Si sur une variété, une fonction f présente, pour f croissant, des points critiques de type suivant : $[0, k, \ldots, l_j, \ldots, n]$ où tous les l_j sont $> k+1$, on peut affirmer que $\pi_r(V) = 0$ pour $r < k$ et $\pi_k(V) = Z$ (groupe additif des entiers).

En effet, dans ce cas, $K^{(k+1)}$ est une sphère S^k.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *A propos des plans doubles de genres $p_a = p_g = 0$.* Note (*) de M. **Bernard d'Orgeval**, présentée par M. Élie Cartan.

Parmi les surfaces non rationnelles de genres $p_a = p_g = 0$ une classe importante est constituée par les plans doubles; ceux-ci ont été principalement recherchés par M. Campedelli ([1]). Les types qu'il a déterminés possèdent tous ou un tacnode ou un point double uniplanaire auquel est infiniment voisin un tacnode. Si l'on suppose un de ces points singuliers virtuellement inexistant, le plan double doit être regardé comme de genres $p_a = p_g = 1$, avec système bicanonique hyperelliptique.

L'étude des surfaces algébriques régulières possédant une seule courbe canonique de genre $p_{(1)}$ et un système bicanonique hyperelliptique conduit à la construction des surfaces rationnelles de l'espace S à $p_{(1)}$ dimensions à sections d'ordre $2p_{(1)} - 2$ et de genre $p_{(1)} - 1$, dotées d'une courbe de diramation d'ordre $2p_{(1)} + 2$ et possédant une courbe rationnelle d'ordre $p_{(1)} - 1$ appartenant à un espace tangent à la surface tout le long de cette courbe.

([2]) Elsholtz, *Variation de la structure topologique des surfaces de niveau* (*Recueil Mathématique de Moscou*, 1948, 15-3).

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) *Cf.* L. Godeaux, *Act. sc. et ind.*, 123, Paris, 1934; L. Campedelli, *R. C. Ac. N. Lincei*, 1932, p. 203, 358-362, 536-542.

De telles surfaces se représentent sur un plan :

Si $p_{(1)}$ est impair par le système des $C_{2n}(A^{2n-2}, sBB')$, B et B' étant infiniment voisins, avec $2n = p_{(1)} + 1$, $s = p_{(1)} + 1$;

Si $p_{(1)}$ est pair par le système des $C_{2n}(A^{2n-2}, sBB', C^2)$, avec $2n = p_{(1)} + 2$, $s = p_{(1)} + 1$.

Les surfaces de genres $p_a = p_g = 1$ correspondantes se représentent par les plans doubles dont les lignes de diramation sont

$$C_{2n+6}(A^{2n}, sA^3A'^3) \quad \text{et} \quad C_{2n+6}(A^{2n}, sA^3A'^3, C^4)$$

dépendant respectivement de $19 - 2p_{(1)}$ et $18 - 2p_{(1)}$ modules. Si l'on veut obtenir à partir de ces plans doubles ceux de genre nul, il faut imposer ou le tacnode ou le point double uniplanaire précédent, singularités dépendant de 8 et 9 conditions. La construction exige donc

$$19 - 2p_{(1)} \geqq 8,$$

c'est-à-dire $p_{(1)} \leqq 5$.

Pour $p_{(1)} = 3, 4$ on retrouve les plans doubles de M. Campedelli; pour $p_{(1)} = 5$ on trouve les plans doubles à courbes de diramation du douzième ordre dotée :

A. d'un point sextuple, de six points (3, 3) et d'un point quadruple;

B. d'un point sextuple et de sept points (3, 3).

Les caractères de ces plans sont

$$A - p_{(1)} = 3, \quad P_2 = 3;$$
$$B - p_{(1)} = 4, \quad P_2 = 4.$$

Il resterait à déterminer si de telles courbes de diramation sont effectivement réalisables :

Conclusion. — Les seuls plans doubles non rationnels possédant une singularité qui n'abaisse le genre que d'une unité sont ceux de Campedelli et les deux cas A et B précédents, si ceux-ci sont réalisables.

CHRONOLOGIE. — *Sur un système inédit de calendrier perpétuel conservant la continuité des semaines.* Note de M. **Maurice Veyrac**, présentée par M. André Danjon.

1° La remarque fondamentale est la suivante :

4 siècles grégoriens = 146097 jours; = 20871 semaines exactement.

Il est donc possible, dans le grand cycle grégorien de 400 ans, d'introduire une suite continue de semaines.

Il y aurait trois siècles de 5218 semaines (36526 jours chacun), suivi d'un siècle de 5217 semaines (36519 jours).

2° Le caractère perpétuel du calendrier se fonderait sur l'adoption d'une année commune de 364 jours, comportant 52 semaines.

Chaque trimestre, composé de trois mois de 30, 30 et 31 jours, commence-

rait un lundi pour finir un dimanche. Il y aurait ainsi, théoriquement, 26 jours ouvrables par mois (4 dimanches pour chacun des deux premiers mois de 30 jours, 5 dimanches pour le troisième de 31 jours).

Pour compenser l'abandon du 365ᵉ jour et celui du jour bissextil, on établirait, tous les cinq ans environ, une *grande année* comportant une semaine supplémentaire, selon un schéma que nous allons préciser. La semaine supplémentaire se placerait à la fin du mois de juillet (datée du 31 juin au 37 juillet) et serait fériée.

3° *Règle des grandes années.* — *a.* Chacun des trois siècles correspondant aux siècles grégoriens à années séculaires communes, comprendrait 82 *années communes* (de 52 semaines ou 364 jours) et 18 *grandes années* (de 53 semaines ou 371 jours). Dans chacun de ces siècles seraient grandes années, toutes celles dont le millésime serait divisible par 5, sauf les ans 50 et 100. Pour un siècle $(82\times364)+(18\times371)=36\,526$ jours.

b. Le quatrième siècle du cycle ne comprendrait que 17 grandes années contre 83 communes. Les grandes années seraient celles dont le millésime serait divisible par 5, sauf les ans 25, 50 et 75. Pour le quatrième siècle $(83\times364)+(17\times371)=36\,519$ jours.

L'année *séculaire* divisible par 400 serait une grande année; les autres seraient communes.

4° *Décalage du nouveau système par rapport au calendrier grégorien.* — L'inconvénient du système proposé résiderait dans un déplacement variable de l'équinoxe par rapport au 21 mars et, plus généralement, par un décalage variable pouvant atteindre +12 ou —8 jours, des saisons dans le cadre de l'année. Météorologiquement, ce décalage périodique serait sans inconvénient véritable.

Les écarts extrêmes ne se produiraient qu'une fois par cycle de 400 ans.

Le décalage positif maximum (+12 j) aurait lieu à la fin de la 295ᵉ année (107 758 jours dans notre système contre 107 746 pour 295 ans grégoriens).

Le décalage négatif maximum (—8 j) aurait lieu à la fin de la 379ᵉ année (138 418 jours contre 138 426 pour 379 ans grégoriens).

Mais ces altérations *passagères* seraient rattrapées périodiquement et la concordance des deux calendriers serait absolue à la fin des années suivantes :

Premier siècle...	06, 17, 23, 28, 34, 51, 56, 62, 73, 79 et 84
Deuxième » ...	102, 113, 119, 124, 152, 158 et 169
Troisième » ...	209 et 254
Quatrième » ...	333, 350, 361, 367, 372, 395 et 400

5° Le décalage pourrait se réduire à moins de ±4 jours si l'on abandonnait la règle de divisibilité par 5 pour les grandes années, et si l'on rétablissait la concordance tous les cinq *ou* six ans. La liste des grandes années serait : 04, 09, 15, 20, ..., 105, 111, 116, ..., 201, 207, 212, ..., 303, 308, 314, ...

6° La date de Pâques pourrait être stabilisée au dimanche 7 avril.

Ce nouveau calendrier pourrait entrer en vigueur le lundi 1er janvier 1951 (début de la seconde moitié du xxe siècle) par l'an 351 du cycle, l'an 2000 étant une grande année séculaire.

HYDRAULIQUE. — *Étude des coups de bélier dus à des manœuvres simultanées du distributeur et de la vanne de prise.* Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Dans une Note récente nous avons indiqué une méthode permettant de calculer le coup de bélier produit lors de manœuvres simultanées du distributeur d'une turbine et de la vanne de prise placée en tête de la conduite correspondante. Nous allons montrer, à propos de l'application que nous avons faite de cette méthode, pour l'usine de Génissiat, les conclusions générales qu'on peut en déduire pour les surpressions produites dans de telles manœuvres simultanées.

Les données sont les suivantes :

Le débit maximum est 128 m^3/s, la pression statique est égale à $69^m,70$ en A et $49^m,70$ en C ; la conduite est munie d'un reniflard et sa longueur est de 70^m, la durée d'un aller-retour d'onde est $\theta = 0,14$ s. L'unité de temps choisie pour la construction, ainsi que pour les graphiques joints à cette Note, est égale à $0,5\ \theta$: dans ces conditions les délais de fermeture sont respectivement : $T = 56$ et $T' = 400$ unités de temps.

Nous avons fait varier de 0 à 348 unités l'intervalle m séparant le début de la manœuvre de la vanne de prise V' de celui du distributeur V de la turbine ; nous avons ainsi envisagé tous les cas possibles depuis le démarrage simultané des deux vannes ($m = 0$) jusqu'à l'achèvement simultané de leur fermeture ($m = 344$) et même au delà, la fermeture du distributeur précédant celle de la vanne de prise ($m = 346$ et 348).

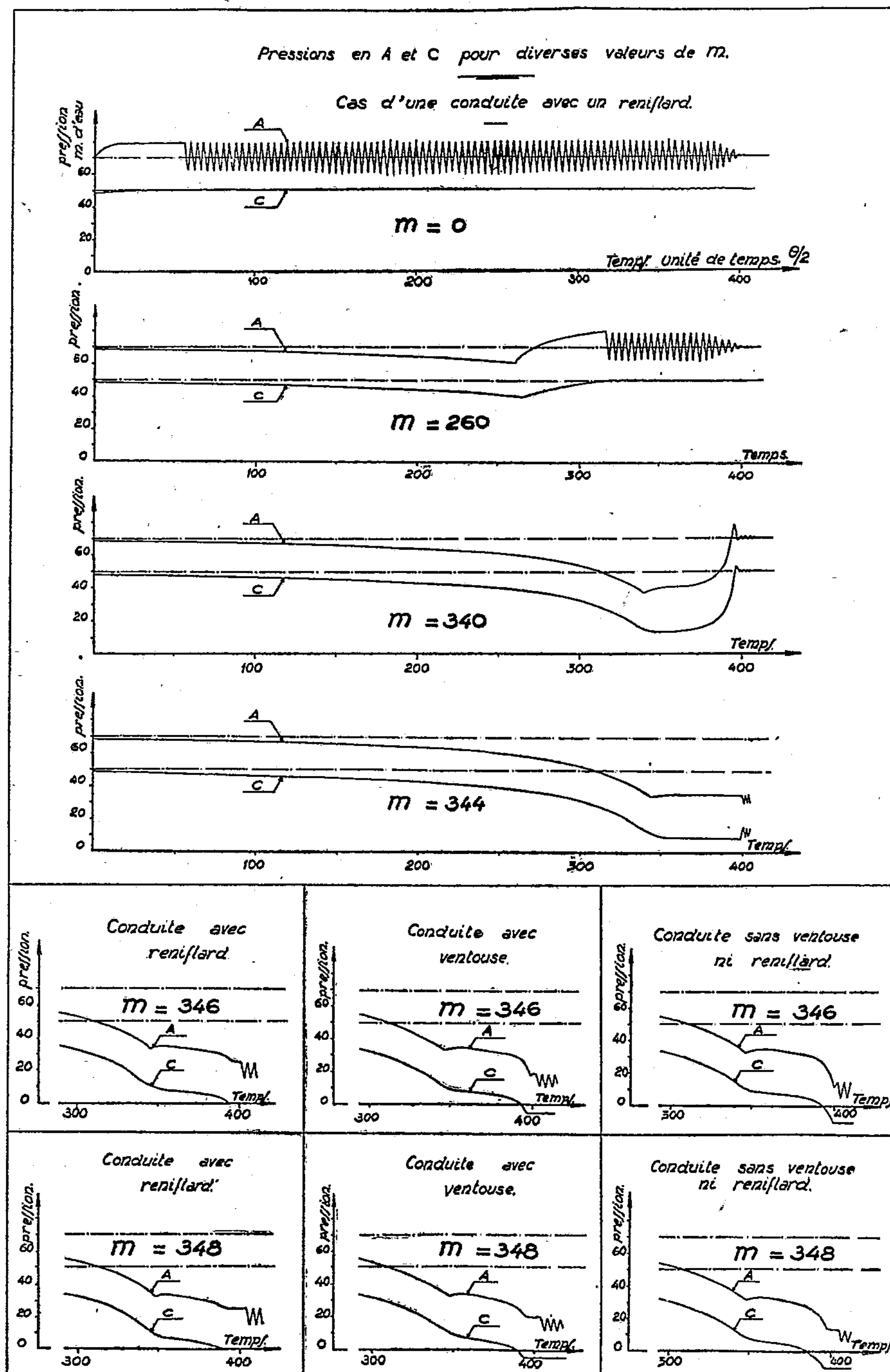
La figure reproduit les courbes de pression calculées en A et en C.

La surpression en C est nulle ou négligeable, puisqu'elle atteint un maximum de 2^m pour $m = 340$. La surpression en A est sans cesse décroissante à partir de la valeur $9^m,50$ qu'elle possède pour $m = 0$. Il est à noter que cette dernière valeur est celle que donne le calcul dans l'hypothèse où la fermeture du distributeur V s'effectue seule, la vanne V' demeurant ouverte, seule hypothèse que considèrent généralement les auteurs de projets.

Notre étude justifie donc entièrement le mode de calcul généralement adopté et montre que le fait d'emprisonner le coup de bélier entre V' *et* V *ne se traduit en pratique par aucune aggravation des surpressions supportées par la conduite.*

(*) Séance du 7 mars 1949.

Les conclusions demeurent d'ailleurs les mêmes si l'on supprime le reniflard existant en C ou si on le remplace par une ventouse : dans ce cas, la construc-



tion graphique reste la même tant qu'il n'existe pas de dépression en C : lorsque la pression en ce point cesse d'être supérieure à la pression atmosphé-

rique, la forme des courbes de pression se modifie, vis-à-vis des précédentes, comme le montrent les courbes de la figure correspondant à $m = 346$ et $m = 348$. Cette modification intervenant en fin de manœuvre, n'affecte en rien la valeur atteinte par le maximum de surpression.

La conclusion ci-dessus énoncée conserve donc un caractère absolument général, que la conduite comporte ou non un reniflard ou une ventouse.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Équation d'onde d'un corpuscule de spin 1/2 dans un champ de corpuscule de spin 1 et une généralisation de la transformation de jauge de première espèce.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un travail qui paraît dans une autre Revue, nous montrons que la théorie des corpuscules à spin permet d'envisager des champs potentiels dont dérivent les champs ondulatoires primaires et qui admettent des transformations de jauge de seconde espèce. Dans le cas très général, les champs primaires (et éventuellement les sources de ces champs), leurs champs potentiels et les fonctions génératrices des transformations de jauge ont même variance relativiste et même nombre de composantes spinorielles.

Ainsi dans le cas du corpuscule libre de spin 1/2, pouvons-nous écrire :

$$(1)\qquad \begin{cases} (\gamma^i \partial_i - \varkappa)\psi = 0, \quad \psi = (\gamma^i \partial_i + \varkappa)\Phi, \quad \Phi = \Phi' + (\gamma^i \partial_i - \varkappa)\varphi, \\ (\partial^i \partial_i - \varkappa^2)\Phi = 0, \quad (\partial^i \partial_i - \varkappa^2)\varphi = 0, \end{cases}$$

les grandeurs ψ, Φ et φ jouant, respectivement, le rôle de champ primaire, de champ potentiel et de fonction génératrice de la transformation de jauge.

Dans le cas du corpuscule maxwellien, C_1^1, de spin 1, nous pouvons poser d'une manière analogue

$$(2)\qquad \partial^j h_{jk} - \varkappa a_k = 0, \quad \partial_{[j} h_{kl]} = 0, \quad \partial_j a_k - \partial_k a_j - \varkappa h_{jk} = 0, \quad \partial_j a^j = 0;$$

$$(2a)\qquad h_{jk} = \partial_j A_k - \partial_k A_j, \quad a_j = \partial^k D_{jk}, \quad \square A_j - \partial_j(\partial^k A_k) = \square D_{jk} - \partial^l(\partial_{[j} D_{kl]}) = 0;$$

$$(2b)\qquad \begin{cases} A_j = A'_j + \partial^k \Phi_{jk}, \quad D_{jk} = D'_{jk} + \partial_j \Phi_k - \partial_k \Phi_j, \\ \square \Phi_j - \partial_j(\partial^k \Phi_k) = \square \Phi_{jk} - \partial^l(\partial_{[j} \Phi_{kl]}) = 0; \end{cases}$$

où (a_k, h_{jk}), (A_k, D_{jk}) et (Φ_j, Φ_{jk}) représentent respectivement le champ primaire, le champ potentiel et les fonctions génératrices de la transformation de jauge. On voit en particulier, que lorsqu'on pose $\varkappa = 0$ (cas du corpuscule limite), les grandeurs A_k s'identifient avec les composantes du potentiel quadrivecteur de la théorie de Maxwell et *non* des grandeurs a_k, qui doivent être traitées comme des champs supplémentaires, nécessaires pour la description correcte d'un corpuscule de spin 1 et cela même dans le cas limite. On arrive à la même conclusion, en considérant les équations (2) comme les équations de Maxwell dans l'espace à cinq dimensions et, en introduisant un potentiel-vecteur à cinq composantes [1].

[1] B. Kwal, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 922.

Dans le cas général du champ de corpuscule de spin 1, on peut le faire dériver d'un champ potentiel à 15 composantes qui se répartissent en composantes des tenseurs A_j, $F_{[jkl]}$, $B_{[jkl]}$ et $C_{[jklm]}$. Ce champ potentiel peut être assujetti à la transformation de jauge de seconde espèce suivante :

$$(3)\quad \begin{cases} A_j = A'_j + \underline{\partial^k \Phi_{jk}} + \partial_j \Phi, & B_{jkl} = B'_{jkl} + \partial_{[j} \Phi_{kl]} + \partial^m \Phi_{[jklm]}, \\ C_{jklm} = C'_{jklm} + \partial_{[m} \Phi_{jkl]}, & F_{jk} = F'_{jk} + \partial_j \Phi_k - \partial_k \Phi_j + \underline{\partial^l \Phi_{[jkl]}}, \end{cases}$$

Φ, Φ_j, $\Phi_{[jk]}$, $\Phi_{[jkl]}$ et $\Phi_{[jklm]}$ étant les fonctions génératrices de la transformation envisagée. En se contentant des expressions non soulignées, les différents tenseurs restent nettement séparés.

Cela étant, nous allons admettre que les équations d'onde d'un corpuscule de spin 1/2 dans le champ d'un corpuscule de spin 1 (défini par le champ potentiel précédent) s'écrivent :

$$(4)\quad (\gamma^j \partial_j - \varkappa)\psi = [a\gamma^j A_j + b\gamma^{[jkl]} B_{[jkl]} + f\gamma^{[jk]} F_{[jk]} + c\gamma^{[jklm]} C_{[jklm]}]\psi,$$

où γ^j, $\gamma^{[jk]}$, $\gamma^{[jkl]}$ et $\gamma^{[jklm]}$ représentent l'anneau matriciel du corpuscule de Dirac et où a, b, f et c sont les constantes de couplage entre le champ d'onde de ce corpuscule et le champ potentiel du corpuscule C_1, dont le champ primaire ne doit pas, à notre avis, figurer dans les équations (4). Les tentatives récentes, en vue d'une théorie plus correcte de la structure fine et hyperfine des atomes hydrogénoïdes, qui attribuent à l'électron un moment magnétique supplémentaire et conduisent à introduire dans les équations de Dirac un terme de couplage direct avec le champ de Maxwell, nous semblent prouver tout simplement que la théorie d'interaction entre les charges élémentaires, exige l'introduction du champ photonique complet, qui contient plus de composantes que celui de la théorie classique de Maxwell-Lorentz.

Comme dans le membre de droite de l'équation (4) figurent les champs potentiels, susceptibles de la transformation de jauge de seconde espèce [définie par les équations (3) avec les expressions non soulignées], il est nécessaire de soumettre le champ ψ à la transformation de jauge de première espèce, que nous généralisons de la manière que voici :

$$\psi' = \psi \exp(a\Phi + f\gamma^j \Phi_j + b\gamma^{jk}\Phi_{jk} + c\gamma^{jkl}\Phi_{jkl} + b\gamma^{jklm}\Phi_{jklm}).$$

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la photométrie et la colorimétrie des étoiles doubles serrées.* Note (*) de M. **Paul Muller**, présentée par M. André Danjon.

Dans une première Note ([1]), nous exprimions l'intention de procéder à des mesures photométriques d'étoiles doubles à l'aide d'un micromètre de type

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 20.

nouveau, légèrement modifié à cet effet. Nous n'avions obtenu alors, et cela dès 1939, que 86 mesures.

Nous avons pu effectuer depuis environ 1600 mesures de la différence de magnitude Δm des composantes pour plus de 200 couples; le moment nous paraît donc venu de caractériser le domaine accessible à la méthode et la précision obtenue.

Nos observations comprennent :

1° 430 mesures [2] sur 70 couples à l'équatorial de 16^cm de l'Observatoire de Strasbourg (distances de 2″ à 10″);

2° 650 mesures sur environ 130 couples au grand équatorial de 49^cm (distances de 0″,6 à 3″);

3° 64 mesures sur 27 couples (distances de 0″,45 à 1″,2) observés à l'occasion d'une courte mission à l'Observatoire du Pic-du-Midi.

D'autre part, nous avons repris en deux couleurs (écrans Wratten 24 rouge et 64 vert bleu) la mesure du Δm d'une quarantaine d'objets pris parmi les plus brillants des deux programmes principaux; une dizaine d'autres sont susceptibles de venir s'ajouter à cette liste qui a donné lieu déjà à près de 250 doubles mesures.

Le prisme actuellement monté dans le micromètre permet d'atteindre les distances de 12″ au petit équatorial, et de 3″ au grand; un prisme de dimensions un peu supérieures, destiné à servir au grand équatorial, portera la limite correspondante à 3″,7. L'inconvénient d'une telle limitation supérieure nous paraît de peu d'importance en raison des possibilités récemment révélées [3] de la méthode photographique.

Le domaine ainsi étudié est en grande partie nouveau; nous allons, d'après l'expérience acquise, préciser les limites atteintes.

1° Pour les mesures ordinaires (sans écrans), les travaux antérieurs s'arrêtent aux environs de 2″; les seules déterminations qui concernent des couples plus serrés sont dues à Kuiper et ne portent que sur des objets relativement brillants ($m < 6,5$) [4]. Sur les 130 étoiles de notre seconde liste, 34 seulement avaient été mesurées avant nous, avec des résultats d'ailleurs moins précis. Nous croyons avoir mesuré pour la première fois, entre autres, le Δm des étoiles doubles célèbres Σ 3062, 36 And = Σ 73, η Gem, ζ Can, φ UMa, ζ Boo.

---

(2) *Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, 5, fasc. I, 1948.

(3) J. G. Ferwerda and C. J. Kooreman, *Differences in photovisual magnitudes between the components of double stars* (*Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, Vol. X, 1946, n° 375, p. 169).

(4) Le travail considérable de Kuiper sur les Δm, entrepris en 1930, n'est pas encore publié; quelques dizaines de résultats ont paru incidemment dans diverses publications.

La limite en magnitude dépend du Δm lui-même en raison de la méthode de mesure, le cas d'un couple à composantes égales étant le moins favorable; en outre, la magnitude indiquée par les catalogues pour le compagnon faible d'une étoile brillante est en règle générale trop forte, par suite d'une erreur systématique bien connue dans les estimations.

A Strasbourg nous sommes limité finalement *en magnitudes estimées*, à la 8ᵉ pour les couples égaux alors que nous dépassons la 9ᵉ dans le cas d'un compagnon faible.

La *précision* atteinte est caractérisée par l'écart moyen d'une mesure, lequel vaut $0^m,04$ dans la première série et $0^m,06$ dans la seconde; elle est donc sensiblement meilleure que celle de tous les travaux antérieurs dans ce domaine.

2° Les mesures hétérochromes sont à peu près entièrement originales; en effet, à notre connaissance, la différence de magnitude d'une étoile double n'a été déterminée en plusieurs couleurs que dans un très petit nombre de cas particuliers ([5]).

Ces mesures permettent de déterminer la différence C des indices de couleur des composantes. On connaît en général, ou le spectre global (Δm faible), ou celui de l'étoile principale (Δm fort); nos mesures fournissent dans le premier cas les deux indices, dans le second celui du compagnon. La relation entre ΔC et la quantité mesurée $\Delta m_R - \Delta m_V$ sera obtenue au moyen d'un étalonnage spécial; mais elle se trouve suffisamment esquissée, grâce à quelques couples dont les deux spectres sont connus, pour nous permettre une évaluation : on peut escompter la précision du dixième de magnitude sur ΔC, ce qui correspond à deux ou trois dixièmes de classe spectrale.

L'emploi des écrans vient réduire les limites imposées aux mesures ordinaires; nous avons pu toutefois mesurer sans peine le couple Σ 644 (magnitudes 6,7 et 7,0). Mais il importe de souligner que les plus petites distances accessibles restent les mêmes; c'est dire que de telles observations colorimétriques marquent une extension intéressante du domaine jusqu'ici exploré par la spectrographie.

([5]) Ainsi pour Sirius par M. Danjon à Strasbourg ([6]) et pour γ And (en *cinq* couleurs) par Pickering, Searle et Upton à Harvard ([7]). Le cas des variables étudiées par M. Danjon par comparaison avec un compagnon éloigné de plusieurs dizaines de secondes ([8]) sort évidemment de notre cadre.

([6]) *Journal des Observateurs*, **19**, 1936, p. 200.

([7]) *Harvard Annals*, **11**, 1879, part I, p. 113.

([8]) *Annales de l'Observatoire de Strasbourg*, **2**, fasc. I, 1928.

CHALEUR. — *Passage du courant au travers des solutions. Variation thermique non continue.* Note (*) de Mlle **Marie-Claire Ollivier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La variation en fonction de la température t des propriétés électriques des solutions présente, comme celle de la densité, des discontinuités ou clasties [1]. Soit τ le quotient des masses du corps anhydre dissous et de la solution; i le nombre d'ions-gramme par kilogramme de solution, calculé comme si la dissociation ionique était totale. Je cite les solutions : C (acide azotique et eau; $\tau = 0,3475$ en NO_3H; $i = 11,03$); G(C, plus une masse égale d'eau); P(potasse et eau, neutralisant C à masses égales : $i = 11,03$); T(nitrate ferrique); L(sulfate de lithium : $\tau = 0,22$; $i = 6$); M(NO_3NH_4; $\tau = 0,50$; $i = 12,5$) [2].

Pour la recherche des clasties entre t_1 et t_2, par exemple entre 5° et 60°, j'ai utilisé deux dispositifs. Le premier, très souple et qui permettrait un enregistrement, nécessite (*fig.* 1) des accumulateurs de f.e.m bien constante : un à trois en E_1, un en E_2; quatre boîtes de résistances r', R', R'', sh; un milliampèremètre *ma* de graduation étendue et étudiée, et muni de pivots excellents. La solution est contenue dans le tube X long et fin, replié en grille, muni de deux tubulures, plongé avec les thermomètres dans un bain agité. Anode de platine et non d'or; cathode de platine ou mieux d'or. On règle les résistances de façon que la lecture l sur *ma* soit zéro pour $t = t_1$, et 100 (max) pour $t = t_2$; *l restant invariable* pour t constant, on suit les variations de l en fonction de t (précision requise : 0,05 division pour l et 0°,01 pour t) et l'on pose $l = -a + bt + y$ (ou quelquefois : $l = a + bt + ct^2 + y$). La courbe $y = f(t)$ présente souvent des clasties. On peut obtenir ainsi cent points par heure. Détails et calculs seront publiés à part. La figure 2 montre quelques courbes obtenues.

Solutions C et P (de même i). La clastie observée à 25° pour la densité de C se retrouve, très vigoureuse, au même endroit pour C et pour P. D'autres se remarquent. En E_1 il faut 2 volts pour C et 4 pour P. Pour C : $a = 32$, $b = 2,61$; pour P : $a = 47$, $b = 3,313$.

Solution G (courbe obtenue avec un terme en ct^2). Une clastie très forte

---

(*) Séance du 14 mars 1949.

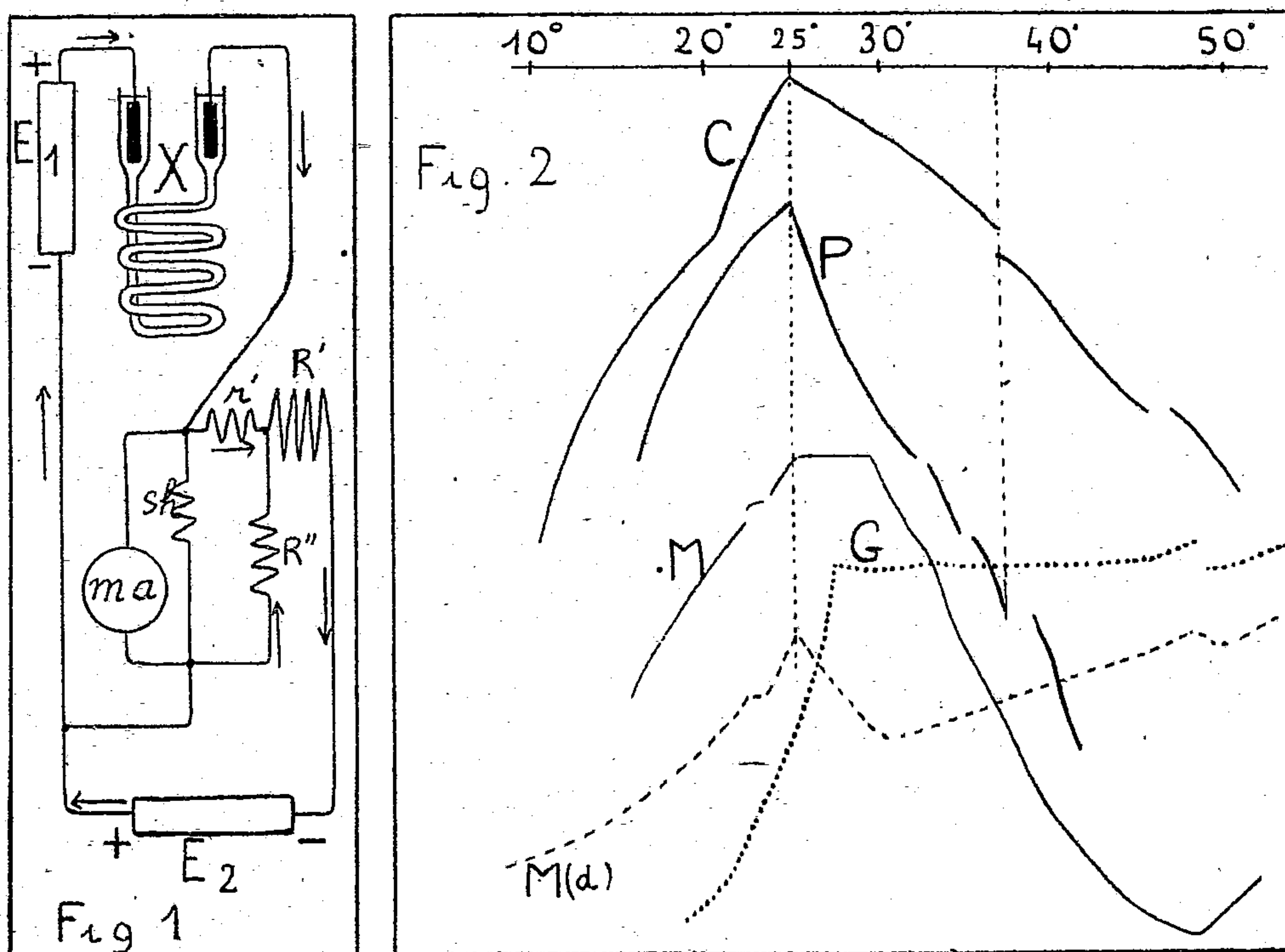
(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1012.

(2) A la température ordinaire, C, P et même G sont à peu près des solutions de résistivité minimum. Les solutions L et M contrastent au point de vue *lyotropique*. On a publié que l'ion L*i*, tête de la série *lyotropique* des cations, s'hydrate beaucoup plus que les ions K ou NH_4, et l'ion SO_4 plus que l'anion NO_3. C et T figurent dans une Note antérieure (*loc. cit.*).

à 27°,5. D'autres, notamment à 46° et 57°,5, sont données elles aussi par les densités.

Solution M (4 volts en E_1, $a=20$, $b=2$). Deux clasties, à 25° et 29°,5 se voient et se retrouvent aux mêmes endroits sur la courbe M(d) relative aux densités. Dans les deux cas des régions disloquées s'observent aussi, notamment aux environs de 45°.

Solution L (6 volts en E_1). — Cette solution est moins conductrice et bien



moins dilatable que les précédentes. Les courbes (courant, densités) se ressemblent et ne montrent que des clasties très douteuses.

Le second dispositif comprend le même tube X, muni d'électrodes inattaquables et identiques (il faut arriver à une f. e. m. nulle) en série avec une bobine B_2 et un galvanomètre balistique. Une bobine B_1 parcourue par un courant primaire mesuré i_1 présente avec B_2 un grand coefficient d'induction mutuelle. Le spot du balistique étant immobile au zéro, on coupe le courant i_1; on le rétablit ensuite. Les décharges induites sont ainsi opposées. Le déplacement l du spot, à la rupture par exemple, est grandement fonction de t et l'on pose $l=a+bt+y$. La courbe $y=f(t)$ ressemble beaucoup dans les cas étudiés T, C, G... à la courbe donnée par les densités, présente les mêmes clasties, conduit aux mêmes conclusions.

Les clasties les plus marquées se placent bien sur la courbe VIII (*loc. cit.*).

CHALEUR. — *Sur des conditions de traitement des substances au four solaire.* Note de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Il a été établi, théoriquement et expérimentalement (1), (2), (3), (4), que la concentration du rayonnement solaire par un système optique convenable permet de provoquer l'échauffement des corps les plus réfractaires jusqu'à leur fusion ou leur volatilisation.

Dans la majorité des cas, une partie relativement faible de l'énergie incidente est réellement utilisée pour provoquer le phénomène désiré.

Tout d'abord, l'énergie retenue dépend des valeurs relatives des facteurs de réflexion, de transmission et d'absorption de la substance considérée, pour l'ensemble des longueurs d'onde du spectre solaire.

En outre, si la substance est placée au foyer du système optique utilisé, la densité d'énergie est telle que l'on obtient fréquemment, même pour des corps ayant une grande conductibilité calorifique et un point d'ébullition élevé, une volatilisation importante, alors que la fusion ne s'effectue que sur une faible profondeur.

Ce résultat, intéressant lorsqu'on désire volatiliser ou distiller un corps, est presque toujours fort gênant.

Nous avons préconisé, avec M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais (5), un procédé de fusion, par apport continu de substance en surface, qui permet de diminuer beaucoup les gradients superficiels de température et d'augmenter ainsi dans de grandes proportions la vitesse de fusion.

Néanmoins, ce procédé ne peut s'appliquer à la fusion de substances ayant un grand pouvoir réflecteur et il ne supprime pas le choc thermique brutal qui, dans certains cas, proscrit l'utilisation du chauffage solaire.

Nous nous sommes arrêtés au dispositif suivant : le rayonnement solaire est admis dans une cavité C, pratiquée dans une substance A de faible conductibilité calorifique, par un orifice ayant la surface *s* de l'image solaire et placé au niveau de cette image (*fig.* 1). La substance à traiter peut être placée directement dans la cavité C (*fig.* 1) ou contenue dans un creuset intermédiaire (*fig.* 2).

Les avantages de cette méthode de traitement sont les suivants :

---

(1) W.-M. Cohn, *Trans. Electrochem. Soc.*, 68, 1935, p. 574-580.

(2) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 317.

(3) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Annales de Chimie*, 12e série, 2 (juillet-août, 1947), p. 385-419.

(4) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Journal des Recherches du Centre National de la Recherche Scientifique*, nos 4-5.

(5) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 83.

1° Toute l'énergie incidente est captée par la cavité C (corps noir) quelles que soient les propriétés optiques des substances qu'elle contient.

Ce fait est particulièrement intéressant lorsque ces substances ont des coefficients de réflexion ou de transmission élevés pour l'ensemble du spectre solaire (verres, corps blancs).

2° Les pertes d'énergie de la cavité C sont constituées principalement de deux termes :

a. Les pertes par conductibilité, très réduites si le calorifuge A a une conductibilité calorifique faible et une épaisseur suffisante.

b. Les pertes par rayonnement à travers l'orifice de surface *s*. Pour des températures usuelles de traitement (inférieures à 3000°), le rayonnement de

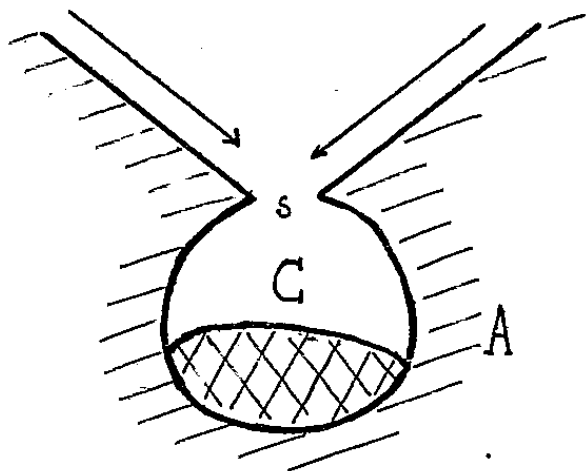


Fig. 1.

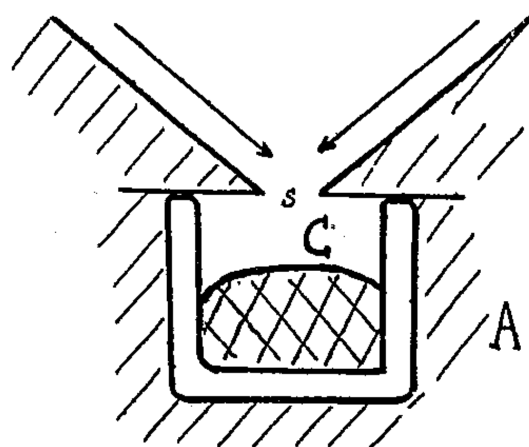


Fig. 2.

la cavité ne représente qu'une petite partie (10 à 20 %) de l'énergie incidente. A 1600° (fusion du fer), l'énergie rayonnée devient proportionnellement extrêmement faible.

3° D'après ce qui précède, la température maximum obtenue, uniforme dans toute la cavité, peut atteindre des valeurs très élevées.

4° La température s'élevant progressivement, le choc thermique et les inconvénients qui l'accompagnent (volatilisation, éclatement des substances, etc.) sont entièrement évités.

5° L'action de l'énergie solaire n'est pas limitée à une faible surface ; elle se répartit dans un volume important permettant de traiter simultanément de grandes quantités de substances.

6° Les variations lentes de la température donnent la possibilité de suivre l'évolution de différentes propriétés physiques et chimiques des corps.

7° La surface de communication de la cavité C avec l'atmosphère étant relativement petite, il est possible de réaliser, dans cette cavité, une atmosphère conditionnée, sans intervention de paroi transparente sur le trajet du rayonnement.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la discontinuité des distances atomiques, résultant de celle des interactions électroniques.* Note de M. ROBERT FORRER, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une Note précédente (¹) nous avons montré comment nous avons été amené à attribuer dans le corps solide une espèce de mouvement fin à l'électron sur son orbite. Les données expérimentales sur le gallium ont donné le nombre de ces mouvements fins par orbite égal à 136,3, nombre très voisin de l'inverse de $\alpha = 1/137 = 2\pi e^2/hc$, facteur de la structure fine de Sommerfeld.

On peut tenter de vérifier expérimentalement l'intervention de ce nombre $n_s = 137$ de la façon suivante (*voir fig.* 1). L'interaction Φ qui a lieu sur une sécante de l'orbite correspond à l'angle ω. Elle se compose d'un certain nombre ν d'interactions élémentaires, à chacune desquelles correspond l'angle ω'. Donc $\omega = \nu\omega'$; la valeur de ω' est supposée égale à $2\pi/137$. Si nous désignons par r_0 le rayon de l'orbite et par d la distance des centres C des deux atomes voisins et en négligeant provisoirement la distance entre les deux électrons en interaction, nous avons :

$$\frac{d}{2r_0} = \cos\frac{\nu\omega'}{2} \tag{1}$$

Si les valeurs de ν ne varient que d'*une unité*, comme c'est le cas pour $\nu = 20,5$, $21,5$, $22,5$ (qui correspondent aux facteurs trouvés expérimentalement $F = 287$, 301, $315°$ où $F = \nu\tau$ et $\tau = 14°,0$) les distances d'interaction d prennent des *valeurs discontinues*, calculables par l'équation (1).

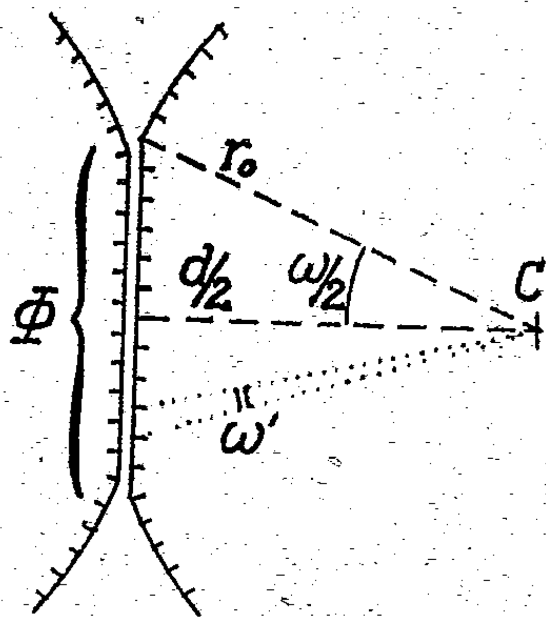


Fig. 1.

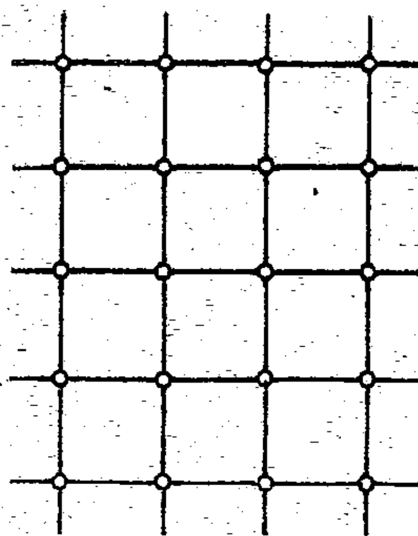


Fig. 2.

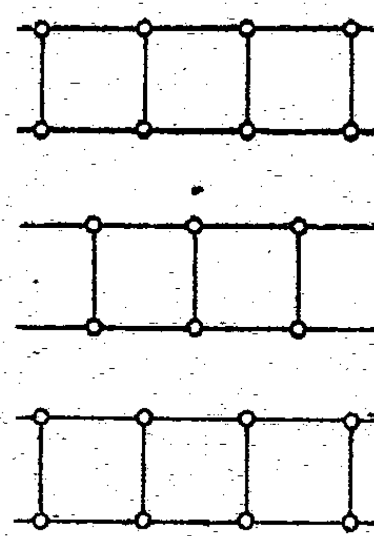


Fig. 3.

Pour les valeurs de ν d'environ 21,5 cette discontinuité des distances est voisine de 1,2 %.

(¹) R. FORRER, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 968.

VÉRIFICATIONS EXPÉRIMENTALES. — 1. *Thallium.* — Le thallium existe sous deux formes, cubique à faces centrées à haute température avec $T_f = 575^\circ,6$ et hexagonale à basse température avec $T_{tr} = 505^\circ,4$. En situant les orbites $6p^1$ en interaction dans des plans contenant les atomes voisins à angle droit (*fig.* 2 et 3), on obtient à l'état cubique (*fig.* 2) quatre interactions avec les quatre voisins équivalents; à l'état hexagonal (*fig.* 3) par contre trois interactions dont deux avec deux voisins en chaîne, et une avec un voisin latéral. Dans le premier cas, il suffit de garder dans l'équation qui lie le point de fusion au nombre d'interactions [*voir* (1)]

$$(2) \qquad \left(\frac{T}{\tau}\right)^2 = \nu_1^2 N_1 + \nu_2^2 N_2, \ \dots$$

le premier terme et l'on obtient pour les quatre interactions équivalentes : $\nu_1 = 20,5$; dans le second cas, par contre, on aura $N_1 = 2$ pour les interactions en chaîne et $N_2 = 1$ pour l'unique interaction latérale. En conservant $\nu_1 = 20,5$ pour les interactions en chaîne, on obtient suivant l'équation (2) pour ν_2 la valeur de 21,5. Or, à cette augmentation de ν d'une unité doit correspondre une diminution de la distance correspondante, calculable suivant (1). Elle est de 1,19 % et diminue ainsi la valeur normale $c/a = 1,633$ du rapport des axes du réseau hexagonal jusqu'à 1,604, en bon accord avec les valeurs expérimentales 1,603 (2) et 1,600 (3).

2. *Nickel hexagonal.* — Par pulvérisation cathodique du nickel (4) on obtient : dans l'hydrogène, du nickel hexagonal avec $a = 2,645$ Å et $c/a = 1,630$ et, dans l'azote, un autre nickel hexagonal avec $a = 2,662$ Å et $c/a = 1,599$. En admettant pour le premier des interactions entre les atomes de Ni avec une égalité des intensités (donc $\nu_2 = \nu_1$) suivant les distances e et d, pour le second par contre ν_1 pour la distance d et $\nu_2 = \nu_1 + 1$ pour la distance e, il en résulte (avec $\nu = 21,5$) une diminution pour e/d de 1,26 %. Elle correspond exactement à la diminution observée du rapport c/a de 1,630 à 1,599.

3. *Le palladium recristallisé.* — D'après Jaeger et Zaustra (5) il se forme par recristallisation à 800° des cristaux qui ont une plus petite maille (— 1,03 %) que le reste du métal; à 1200° on obtient même deux sortes de cristaux dont les uns ont une plus petite maille (— 0,98 %), les autres une plus grande (+ 1,16 %).

Nous attribuons ce phénomène à une recristallisation avec des intensités d'interaction telles que le nombre ν_2 est plus grand ou plus petit d'*une unité* que ν_1 dans le métal normal. Il en résulterait une variation des constantes de la

(2) S. SEKITO, *Zeits. f. Kristallogr.*, 74, 1930, p. 189.
(3) R. LEVI, *Zeits. f. Physik*, 42, 1927, p. 603.
(4) W. BÜSSEN, F. GROSS, *Zeits. f. Physik*, 87, 1934, p. 778.
(5) *Proc. Acad. Amst.*, 34, 1931, p. 15.

maille de l'ordre de 1,2 %, en accord avec les observations, toutes les distances intermédiaires étant exclues.

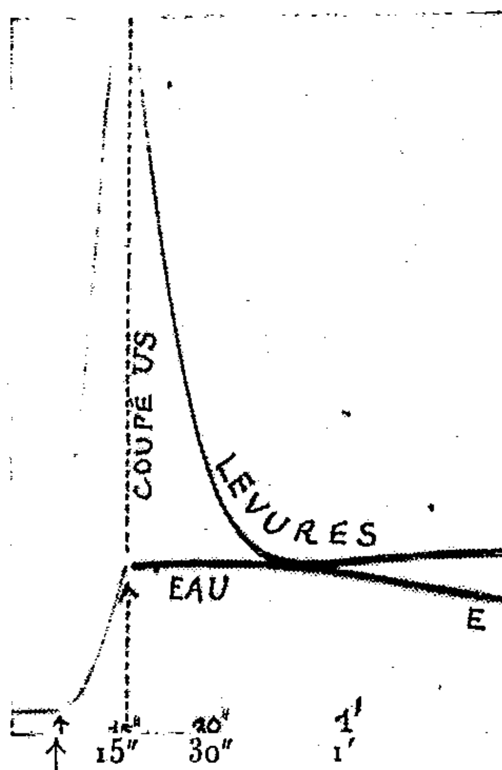
4. Les discontinuités des distances dans les cas de Be, Fe_2N, Ta_2N et les alliages du type hexagonal Ag—Sb ε et ε″ s'interprètent de la même manière.

ULTRASONS. — *Relations entre les échauffements et la cavitation dans les milieux soumis aux ultrasons*. Note (*) de M. **André Dognon** et Mlle **Yvonne Simonot**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Au cours de nos recherches relatives à l'échauffement dans différents milieux et résumées dans deux Notes précédentes ([1]), nous avons observé un certain nombre de particularités qui doivent être prises en considération quant au mécanisme d'action des ultrasons.

Le système thermométrique utilisé était constitué par un couple thermo-électrique (fer-constantan) très fin, enfermé dans une fine gaine de verre de 2^{mm} environ de diamètre. Le couple plongeait dans 2^{cm^3} du liquide étudié contenus dans le tube de 8^{mm} de diamètre en verre et muni d'un pied de verre affleurant le bain vibrant.

C'est dans ces conditions que nous avons mesuré les variations thermiques au cours et dès la cessation d'action des ultrasons. Les enregistrements présentés montrent les déviations du spot galvanométrique en fonction du temps.



On voit qu'il y a deux types de courbes très différents et bien caractéristiques. Dans le cas des systèmes qui cavitent (eau distillée), la température s'élève lentement et se maintient après cessation des ultrasons, ce qui semble

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1234; **228**, 1949, p. 230.

indiquer que le couple mesure bien la température du milieu, avec un léger retard dû à une certaine inertie.

L'énergie restant constante, les échauffements sont sensiblement proportionnels au temps.

Dans le cas des systèmes qui ne cavitent pas (eau dégazée et suspensions assez concentrées), l'échauffement du couple est anormalement rapide; et d'autres clichés où l'échelle des temps est moins resserrée montrent que la courbe $\theta = f(t)$ n'est plus proportionnelle au temps mais fortement concave vers l'axe des temps; de plus, la cessation des ultrasons est immédiatement suivie d'une chute très rapide et très considérable de la température qui retombe sensiblement à la valeur que l'on aurait pour un milieu non cavitant, dans les mêmes conditions.

Qu'il s'agisse d'eau dégazée ou de suspension suffisamment concentrée, les courbes obtenues ont exactement la même allure, ce qui justifie nos conclusions antérieures, à savoir qu'une suspension de ce type se comporte comme un milieu dégazé dont elle présente toutes les caractéristiques en empêchant la cavitation et tous les phénomènes qui en dépendent.

Avec un couple nu, le phénomène existe encore mais à un moindre degré, l'équilibre thermique entre la soudure et le milieu étant plus vite atteint; l'enveloppe de verre intervient d'une part en ralentissant les échanges thermiques, et d'autre part, par son échauffement propre.

Nous observons donc ce fait singulier : l'échauffement propre du couple est beaucoup plus considérable, et prépondérant, si le milieu ne cavite pas.

Il s'agit, quelle qu'en soit l'origine, d'expliquer la différence remarquable des échauffements dans les deux cas. Cette différence manifeste des états vibratoires différents, et c'est dans cette voie que nous sommes tentés de chercher une explication des effets mécaniques de la cavitation.

Malheureusement la différence observée est l'inverse de celle qui paraîtrait logique. En effet, on pourrait relier l'échauffement particulier d'un solide bon conducteur acoustique à une action mécanique superficielle aboutissant aux effets de fragmentation bien connus (dispersion, lyse), mais ceux-ci ne s'observent qu'en milieu cavitant, c'est-à-dire précisément là où cet échauffement n'existe pas. Cependant il est connu que la cavitation (d'origine non ultrasonore), qui se produit autour des pales d'hélice, lorsque celle-ci tourne trop vite, provoque une corrosion rapide du métal, et que cette usure est plus rapide en l'absence de gaz dissous, ceux-ci intervenant comme des dépresseurs d'énergie de cavitation. Il s'agit donc d'un type de cavitation différent de celui que l'on considère dans les actions des ultrasons. Elle fait intervenir une rupture du liquide sans gaz dissous que l'on n'observe pas avec les ultrasons probablement parce que l'énergie mise en jeu est toujours beaucoup plus petite. Cette remarque sur l'effet particulièrement intense de la cavitation sans gaz reste donc probablement sans objet pour les ultrasons de puissance usuelle. En

considérant que la cavitation agit par ondes de choc et en accroissant la pente du front d'onde, il serait intéressant d'étudier l'effet précédemment décrit dans une gamme de fréquences très différentes. Il pourra servir alors à éclairer la question encore non résolue de l'origine des actions mécaniques des ultrasons.

ÉLECTRICITÉ. — *Quelques données sur la conduction électrique des couches très minces de divers métaux sur différents supports*. Note de MM. **Eugène Darmois**, **Nicolas Mostovetch** et **Boris Vodar**, présentée par M. Aimé Cotton.

La précédente Note (1) concernait les couches de platine. Depuis un an ces premières mesures ont été considérablement étendues, la présente publication ne résume que quelques-uns des résultats obtenus; ceux-ci ne sont d'ailleurs que des données préliminaires donnant plutôt l'allure des phénomènes qu'une description quantitative précise.

Nous avons d'abord mis au point une technique d'évaporation en tubes scellés, le dépôt n'étant jamais en contact avec l'atmosphère, et avons pu étudier ainsi des métaux tels que W, Mo, Ta. N'ayant pas encore de mesures précises des masses superficielles, nous avons surtout cherché à étudier le coefficient n de la relation: $R = AT^{-n}e^{B/T}$, qui pour le platine semblait indépendant de l'épaisseur. Le résultat essentiel de nos nouvelles recherches est que cette constance de n s'étend aux couches de divers métaux et aux dépôts de formes diverses sur différents supports; la valeur de n dans tous ces cas reste voisine de 1/2. Les écarts par rapport à 1/2 sont parfois importants ($\pm 0,25$), mais sont probablement dus à des causes fortuites; un examen statistique des données est nécessaire, mais exige un grand nombre de mesures nouvelles qui sont actuellement en cours. Ces résultats, comme précédemment, ne s'appliquent qu'aux dépôts suffisamment minces (assez éloignés de la conduction métallique ordinaire).

Voici quelques détails sur nos expériences :

1° Forme du dépôt. Une inégalité de l'épaisseur peut masquer complètement la forme réelle de la relation : $R = \varphi(T)$, car R varie plus vite dans les parties les plus minces; aussi, pour en assurer l'homogénéité, avons-nous toujours pris un dépôt de faible surface (1×5^{mm} par exemple) placé loin de l'évaporateur (quelques centimètres). C'est là condition essentielle pour l'obtention de résultats cohérents. En outre, nous avons fait des dépôts sur les mêmes tiges rondes en verre suivant les formes A et B de la figure 1 où le courant est soit perpendiculaire soit parallèle à l'axe de tiges. Comme les inégalités d'épaisseur sont nécessairement dans la même direction dans les deux cas, elles sont en série dans l'un et en parallèle dans l'autre et agissent en sens inverse sur la courbure de $\log R = \Psi(T)$

(1) B. Vodar et N. Mostovetch, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 167-168.

Comme celle-ci est la même dans le cas A et B, la valeur mesurée de n est bien une donnée caractéristique de la matière du dépot.

2° Nature du support. Évidemment la dilatation du support doit intervenir dans la relation $R = \varphi(T)$. Nous avons effectué des dépôts sur divers supports [verres, mica (*fig.* 1) et quartz fondu (*fig.* 2, courbe d)]. Nos résultats montrent que cette dilatatiou du support est un effet du deuxième ordre; n reste toujours voisin de 1/2 et l'ordre de grandeur de B ne change pas. Cela indique que le rapprochement des atomes en fonction de T (variation

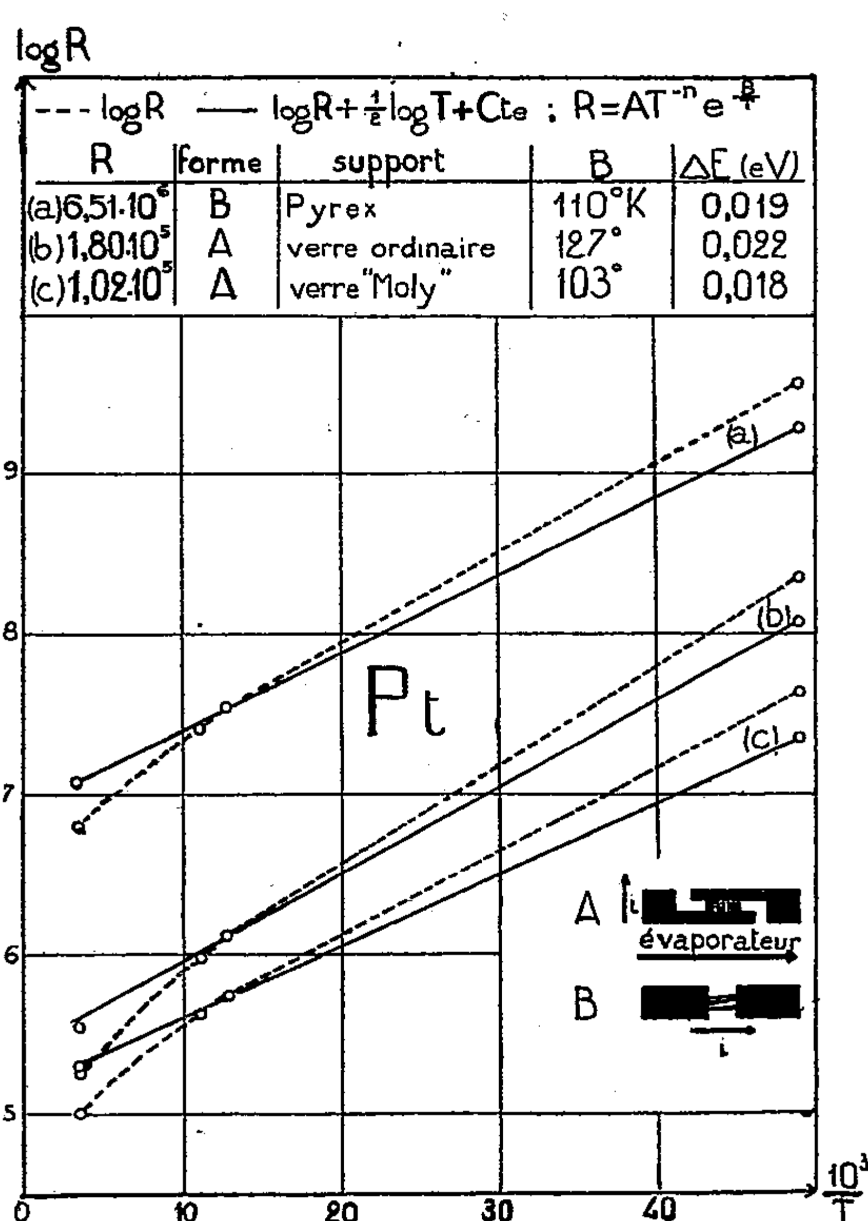


Fig. 1.

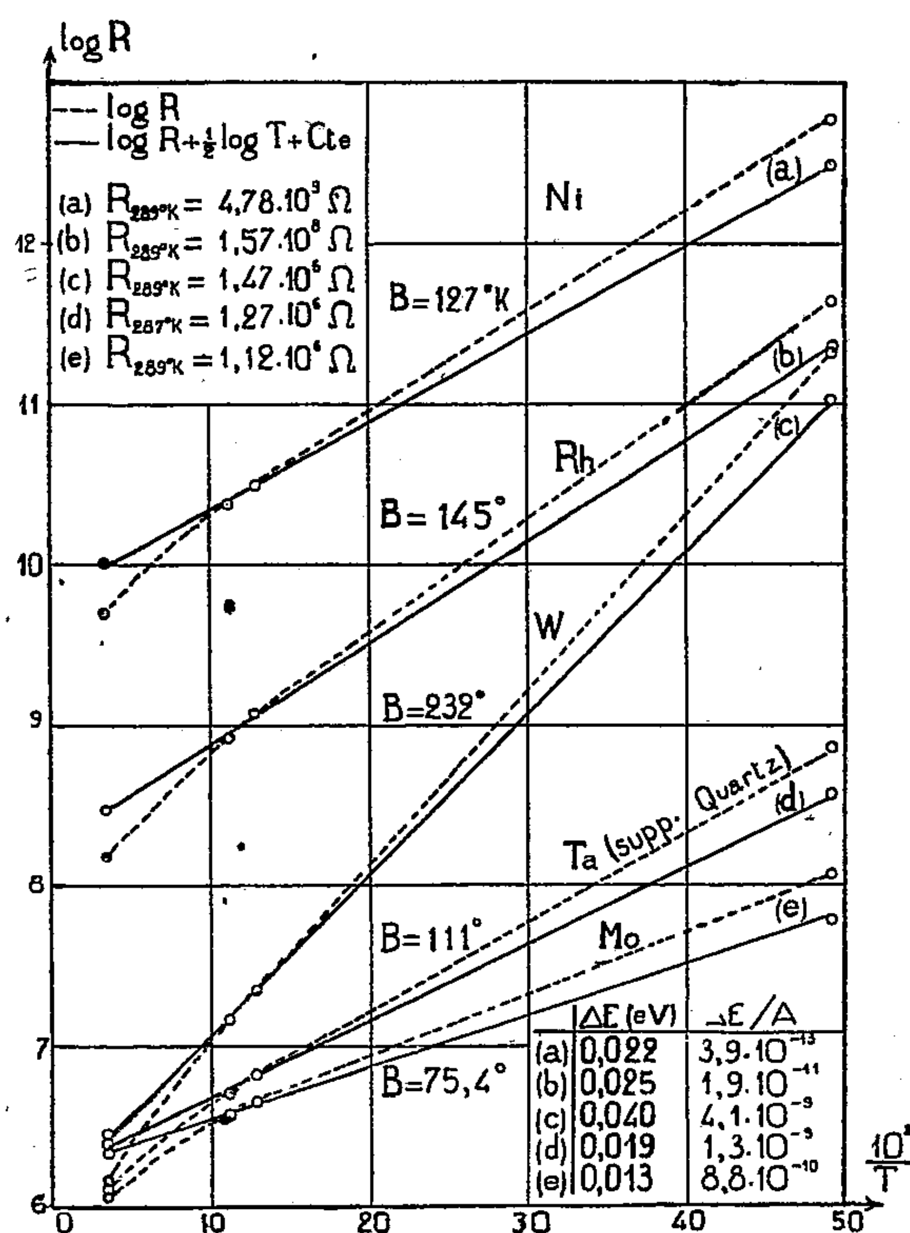


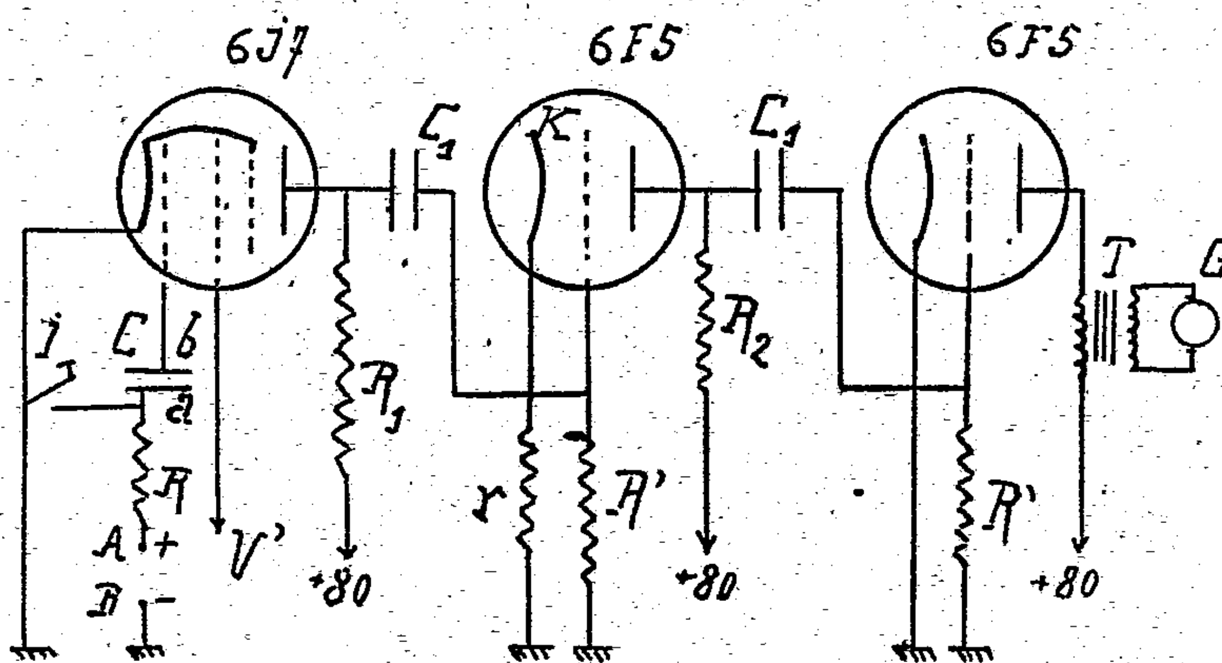
Fig. 2.

de B) est faible par rapport à la variation du nombre d'atomes excités (ayant l'énergie B) qui participent à la conduction.

3° *Nature du métal.* — Les métaux étudiés sont : W, Mo, Ta, Rh, Pt, Ni. Pour tous, n reste voisin de 1/2 (*fig* 2), sans écarts systématiques pour un métal quelconque. Cette valeur semble donc caractériser les couches métalliques très minces en général. Par contre, B (ou son équivalent en eV, ΔE) est d'autant plus grand que le métal est plus réfractaire. A défaut de données précises sur les masses superficielles, nous donnons (*fig.* 2) le rapport $\Delta E/A$ qui indique les valeurs de ΔE pour un encombrement superficiel donné, pour autant que A (coefficient de la relation $R = AT^{-n}e^{B/T}$) représente l'ordre de grandeur de la densité superficielle des divers métaux ; $\Delta E/A$ varie de $4,1.10^{-9}$ pour W à $3,9.10^{-13}$ pour Ni. Des données plus précises et une interprétation des résultats seront publiés prochainement.

ÉLECTRICITÉ. — *Mesure électrostatique de faibles différences de potentiel continues à l'aide de lampes thermioniques.* Note de M. **Robert Guizonnier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Principe de la méthode. — Grâce à la différence de potentiel à mesurer, en utilisant une méthode déjà indiquée ([1]), on dépose électrostatiquement sur la grille d'une première lampe thermionique, une charge négative, qui provoque une diminution du courant de plaque. L'impulsion reçue par cette première lampe, amplifiée convenablement, permet la mesure de faibles différences de potentiel. Les lampes, les résistances des condensateurs de liaison, sont dans une atmosphère desséchée; tout l'amplificateur est blindé; les courants de plaques sont faibles, afin de ne pas faciliter la production par chocs, d'ions positifs, qui neutralisent partiellement les charges négatives déposées sur les grilles. L'expérience montre qu'on a intérêt, si les perturbations extérieures au circuit sont importantes, à réaliser ce dernier sur une feuille métallique mise au sol, sans qu'il soit nécessaire de le blinder totalement.



$V_A - V_B$ = différence de potentiel à mesurer. — R de quelques mégohms (évite le court-circuit entre A et B). — $C = 1/1000\,\mu F$, à air, monté sur isolant de faible conductibilité superficielle, malgré l'humidité (plexiglass), blindé autant que possible. — $R_1 = 160\,000\,\Omega$, $R_2 = 200\,000\,\Omega$; $r = 2\,000\,\Omega$, $C_1 = 1\,\mu F$, $R' = 1\,M\Omega$. — T, transformateur basse fréquence (5/1), la résistance du secondaire est voisine de celle de G. — G, galvanomètre très ordinaire, sensible à 10^{-7} ampère.

Les caractéristiques du montage, indiquées sur le schéma, ont été choisies en tenant compte du fait que les courants de plaque sont faibles, les impulsions de l'ordre de la seconde, l'apport de charge, positif sur la deuxième lampe, négatif sur la troisième. L'alimentation pour plus de régularité, se fait par batteries.

Sensibilité; courbe d'étalonnage pour de très faibles différences de potentiel. — La sensibilité, très influencée par le potentiel de deuxième grille de la pen-

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 283-285.

thode, obtient son maximum pour $V' = 32$ volts. Si l'on utilise 3 lampes, dans les conditions de ce maximum, le spot oscille de façon désordonnée, surtout à cause du *souffle de la lampe*; il faut abaisser alors le potentiel de deuxième grille à 18 volts pour que le spot soit suffisamment stable; les connexions étant excellentes, les lectures sur l'échelle du galvanomètre peuvent être faites à 1^{mm} près; on peut déceler aisément, au voisinage du zéro de la courbe de graduation, 2.10^{-5} volt, suivant la partie rectiligne 10^{-5} volt ([2]). Avec deux lampes, dans les conditions du maximum de sensibilité, on peut apprécier commodément, au voisinage du zéro, 10^{-4} volt.

L'appareil, employé toujours dans les mêmes conditions, est fidèle. Il sera plus pratique, avant une série d'expériences, de refaire l'étalonnage, que de réaliser toujours ces mêmes conditions. On devra répéter chaque mesure deux ou trois fois, car lorsqu'on effectue une première mesure, après une manipulation dans le circuit, elle est en général perturbée.

Méthode de zéro pour faibles différences de potentiel. — Le point B est relié à un point C d'une boîte de résistance, alimentée par un accumulateur dont le pôle positif est au sol. Le point C, qui divise la boîte en deux résistances r et r', a donc un potentiel négatif, que l'on oppose à la différence de potentiel $(V_A - V_B)$ qui est positive. On modifie r ou r' pour n'obtenir, quand I est abaissé, aucun déplacement du spot ([3]). Des expériences ont été faites avec des différences de potentiel de l'ordre du volt et millivolt. Il a été mesuré, chaque fois, une première différence de potentiel V_1, puis V_2 et $(V_1 + V_2)$, cette somme, déterminée expérimentalement, a été comparée au nombre obtenu en additionnant les valeurs expérimentales de V_1 et de V_2. L'écart a toujours été de l'ordre de grandeur de la sensibilité. On a pu ainsi mesurer statiquement, dans le cas de trois lampes, un millivolt avec une erreur relative de l'ordre du 1/100.

SPECTROSCOPIE. — *Émission de la vapeur de sodium diluée dans une atmosphère de xénon.* Note (*) de Mlle **Rose Aynard** et M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. On sait que l'émission de la vapeur de sodium se compose, en dehors du spectre de raies, de nombreuses bandes dues aux molécules Na_2. Les intensités

([2]) On sait en effet qu'à cause des ions positifs, la courbe, ayant la différence de potentiel à mesurer en ordonnées, la déviation du spot en abscisses, n'est pas immédiatement une droite (*Journal de Physique*, décembre 1947, p. 425).

([3]) Si l'on pense être loin de l'équilibre, on utilise d'abord une faible sensibilité, en diminuant le potentiel de deuxième grille, sinon des charges, relativement importantes, se déposent sur les grilles et mettent quelques secondes à se disperser; on peut hâter leur départ en mettant la grille de la première lampe au sol.

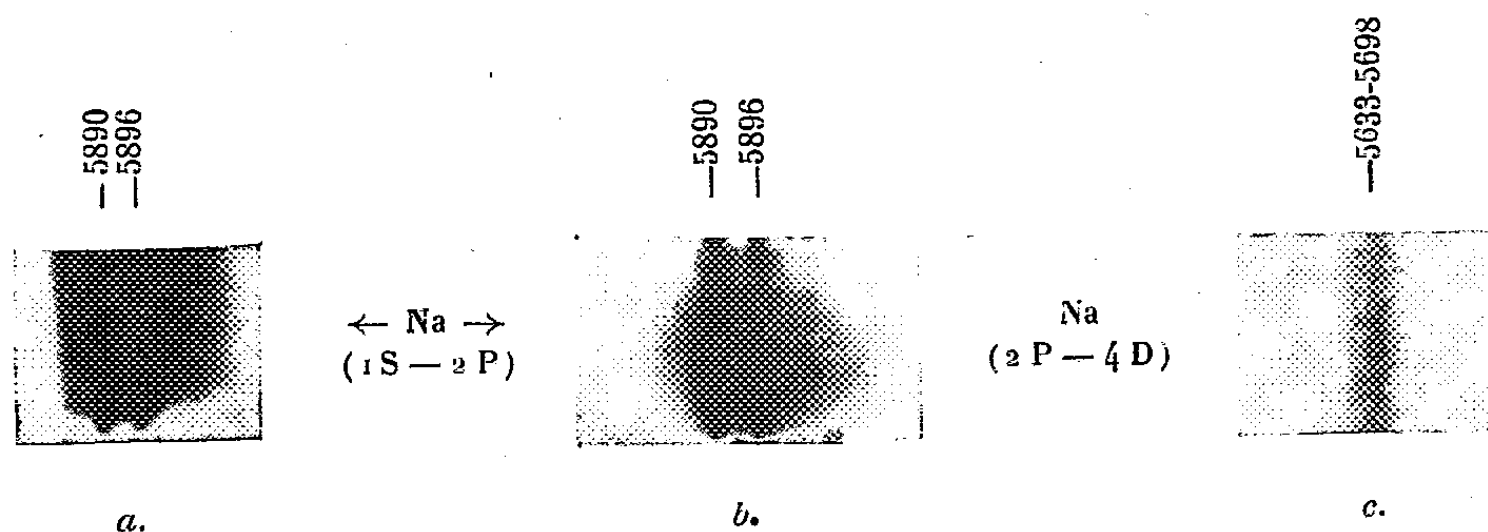
(*) Séance du 14 mars 1949.

relatives de celles-ci varient avec les conditions expérimentales, la population des différents niveaux électroniques ou vibrationnels de l'état initial étant fonction de la température et de la pression.

Dans nos expériences, le tube à décharge en pyrex, d'un volume de quelques centimètres cubes, est muni d'électrodes de tungstène. Une petite quantité de sodium y est d'abord introduite sous vide, puis on le remplit de xénon sous la pression désirée et l'on scelle. Pour les pressions élevées de gaz, celui-ci est préalablement condensé dans le tube à décharge par refroidissement à la température de l'air liquide. Le tube est alors placé dans un four électrique et chauffé à une température de 300 à 350°C.

Dans ces conditions, on observe :

1° une *large* bande continue dégradée vers le rouge à partir du doublet



a. *b.* *c.*

jaune; cette bande déborde du côté violet sur les spectres surexposés. Elle a été étudiée par Hamada, mais la transition électronique correspondante est incertaine (¹);

2° une série de nouvelles bandes *étroites* au voisinage des raies d'arc de Na.

La bande étroite au voisinage du doublet jaune est reproduite sur les figures *a* et *b*. La figure *a* a été obtenue avec un spectrographe ayant une dispersion de 20 Å par mm. La reproduction *b* a été obtenue avec le spectrographe à prisme liquide du Laboratoire de l'Électroaimant de Bellevue donnant, dans cette région spectrale, une dispersion de 4,5 Å par millimètre. Cette bande est beaucoup plus intense que le spectre continu de Hamada et apparaît avec des temps de pose plus courts. Sur la reproduction *b* on constate que cette bande satellite continue s'étale entre les raies et déborde le doublet du côté violet. On peut également reconnaître la présence de fluctuations. Le spectre *c* de la figure reproduit la bande située au voisinage du doublet 5683-8 (2P — 4D). Ici, elle s'étale davantage vers les courtes longueurs d'onde, contrairement à ce que l'on observe pour le doublet jaune.

2. Les bandes étroites observées au voisinage des raies sont probablement

(¹) H. HAMADA, *Philosophical Magazine*, 15, 1933, p. 574.

dues aux molécules Na_2. Kuhn en avait déjà signalé au voisinage des raies 2594(1 S — 6P) et 2544(1 S — 7P) de la série principale dans le spectre d'absorption de la vapeur ([2]). On doit également envisager, dans notre cas, la possibilité de formation de molécules instables NaXe.

Pour vérifier s'il s'agit effectivement d'une molécule instable de faible énergie de dissociation, nous avons tracé les courbes de potentiel pour l'état supérieur, formé des atomes Na(1 S) + Na(2P) et pour l'état inférieur, formé de deux atomes Na(1 S). Les constantes des forces d'attraction de cette molécule de van der Waals ont été empruntées à un travail de Margenau pour le niveau fondamental ([3]). Pour le niveau excité nous avons tenu compte de la variation du facteur $\Sigma f_{kd}/(E_k - E_d)(\Delta F + E_d - E_k)$. Il reste une incertitude sur la position de la courbe de répulsion pour les faibles distances internucléaires. Pour déterminer celle-ci, il est nécessaire de connaître le rayon dit de *tassement*. A l'état 1 S, on a $r = 1,9$ Å; pour l'état 2 P, nous avons admis $r = 2,4$ Å. On obtient ainsi les courbes de potentiel approchées permettant d'estimer les énergies de dissociation. Celles-ci sont $D_1 = 0,12$ eV au niveau inférieur et $D_2 = 0,9$ eV au niveau supérieur. Un calcul analogue a été effectué pour la molécule NaXe; les énergies de dissociation sont de 0,03 eV au niveau inférieur est de 0,06 eV au niveau supérieur.

Dans le cas de l'émission d'une molécule NaXe de van der Waals, on doit s'attendre à un système de bandes étalé sur 80 Å environ. La bande observée est moins étendue. Le désaccord est beaucoup plus grand dans l'hypothèse d'une molécule Na_2. Kuhn admet que les bandes satellites proviennent d'un choc de deux atomes qui se rapprochent l'un de l'autre en suivant la partie asymptotique de la courbe d'attraction. Il serait peut-être préférable et plus conforme au principe de Franck-Condon d'admettre que l'on a affaire, en réalité, à la recombinaison des atomes Na sans répartition thermique dans la population des niveaux de vibration à l'état initial. Ainsi, un atome normal et un atome excité se recombinent par choc et forment une molécule excitée ayant une énergie de vibration élevée. Le passage au niveau électronique inférieur est alors accompagné de l'émission de quelques bandes seulement. Une telle recombinaison est grandement facilitée par la présence d'un gaz rare et a déjà été observée dans le cas des bandes de Swan ($B^3\Pi \rightarrow A^3\Pi$) du carbone ([4]) et du deuxième système positif de l'azote ([5]).

([2]) H. Kuhn, *Zeitschrift für Physik*, 70, 1931, p. 593; 73, 1932, p. 281.

([3]) H. Margenau, *Review of Modern Physics*, 11, 1939, p. 1.

([4]) G. Herzberg, *Physical Review*, 70, 1946, p. 762.

([5]) R. Herman, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 878.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'oxyde azoteux gazeux dans la région de Schumann.* Note de M. **Jacques Romand** et Mlle **Janine Mayence**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre de l'oxyde azoteux gazeux a été étudié par un certain nombre d'auteurs. En particulier, J. Nicolle et B. Vodar (1) l'ont obtenu quantitativement jusqu'à 2150 Å et B. F. Duncan (2) a observé qualitativement les bandes dans l'ultraviolet lointain (jusqu'à 1000 Å environ). En utilisant le montage mis au point par l'un d'entre nous et décrit par ailleurs (3) (4), nous avons pu tracer la courbe d'absorption depuis 2150 Å jusqu'à 1394 Å, cette région comprenant les bandes B et C.

L'oxyde azoteux purifié par distillation dans le vide a été étudié sous des pressions variant de 10 à 700 Torr au moyen de trois cuves dont les longueurs sont 1, 10 et 50^{mm}. L'étude a été faite à la température ordinaire (18°) et a donné les résultats suivants :

1. L'absorption est indépendante de la pression dans le domaine de pressions utilisé.

2. Nous n'avons pas observé les effets de la dissociation photochimique dans les conditions où nous opérions. Les spectres obtenus sont les mêmes, que l'on fasse circuler le gaz ou que l'on arrête la circulation, et après une irradiation de durée notablement plus longue que celle de la pose (20 minutes alors que la pose est de 1 minute). Nous n'avons pas non plus observé de variation de pression.

Ces deux observations concordent avec celles faites par Nicolle et Vodar et par Duncan.

3° La courbe d'absorption est représentée sur la figure ci-contre, où l'on a porté $\log \varepsilon$ en fonction du nombre d'ondes ν, ε étant défini par

$$\varepsilon = \frac{1}{d} \log_{10}\left(\frac{I_0}{I}\right) \times (1 + \alpha t) \frac{760}{H} V,$$

avec les notations habituelles (d en centimètres, V étant le volume moléculaire en litres). La limite des mesures de Nicolle et Vodar est repérée par un trait horizontal pointillé ($\nu = 46\,511\ \text{cm}^{-1}$). On voit que le raccordement des deux courbes est satisfaisant. Le maximum de la bande B (nomenclature utilisée par Duncan) a pour coordonnées $\lambda = 1840$ Å, $\nu = 54\,350\ \text{cm}^{-1}$ et $\log \varepsilon = 1,48$, $\varepsilon = 30,5$. Duncan a résolu la bande C en neuf bandes, mettant ainsi en évidence

(1) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 142.

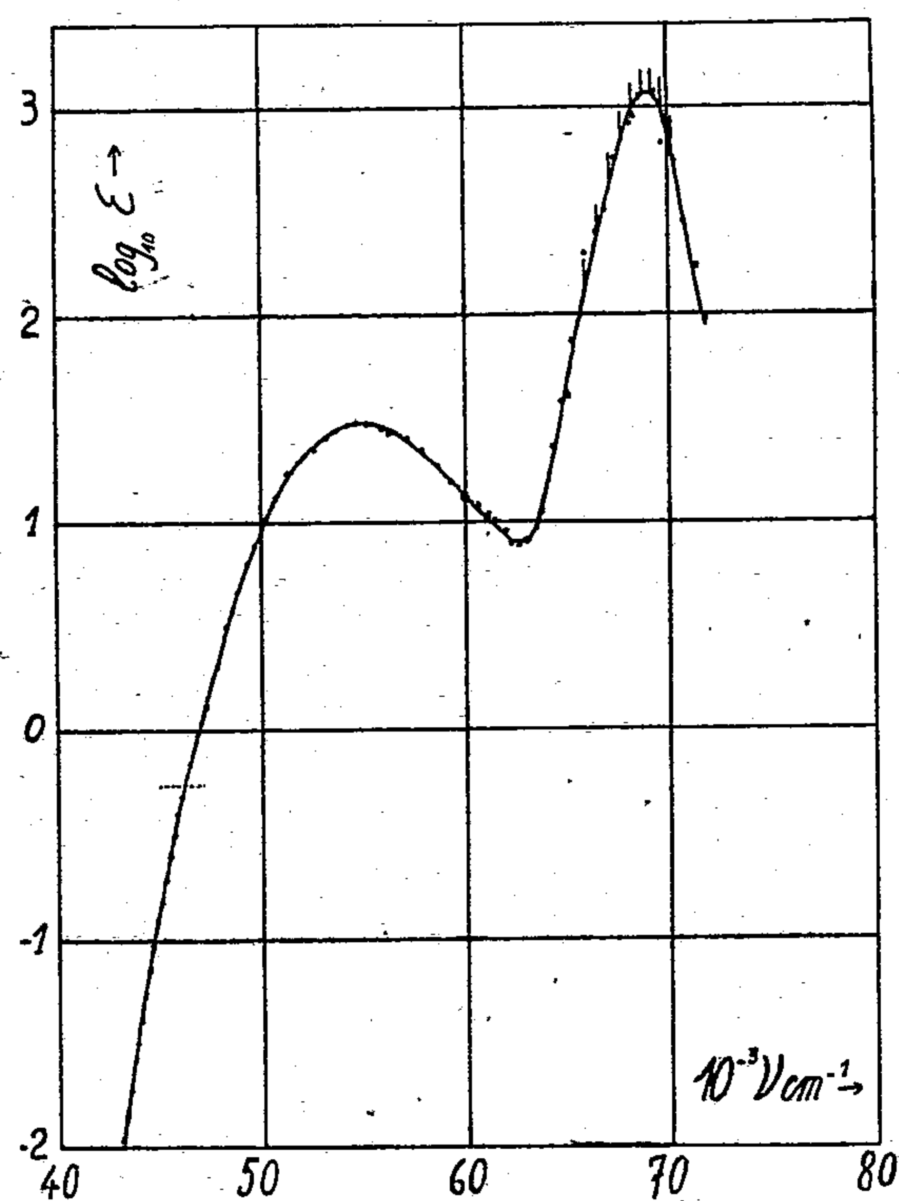
(2) *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 638.

(3) J. Romand et B. Vodar, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 238.

(4) J. Romand, *Thèse*, Paris, 1948 (en cours d'impression).

sa structure de vibration. Comme nous utilisons dans cette région le spectre de raies de l'hydrogène comme base, nous n'avons pu donner le maximum d'absorption correspondant à chacune de ces bandes et la courbe tracée correspond aux minima d'absorption situés entre celles-ci. La position des maxima est signalée par un petit trait vertical. Le maximum de l'absorption continue a pour coordonnées $\lambda = 1450$ Å, $\nu = 69\,000 \text{cm}^{-1}$ et $\log \varepsilon = 3{,}06$, $\varepsilon = 1\,150$.

En ce qui concerne le problème de la dissociation photochimique de N_2O, presque tous les auteurs ont constaté la formation d'oxyde azotique et ont admis



Spectre d'absorption de N_2O gazeux.

que la réaction de décomposition primaire était de la forme $N_2O + h\nu \rightarrow NO + N$.

Par contre, W. A. Noyes(⁵) montre qu'une partie au moins de la dissociation primaire donne naissance à des molécules d'azote et des atomes d'oxygène, les réactions secondaires étant multiples. Nous ferons simplement les remarques suivantes :

a. Dans les conditions où nous opérons, c'est-à-dire avec des radiations dont la longueur d'onde va jusqu'à 1 390 Å, nous n'avons pu mettre en évidence spectrographiquement aucune trace de NO, alors que ce corps (dont nous étudions actuellement le spectre d'absorption) possède dans la région de Schu-

(5) *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 807.

mann des séries de bandes caractéristiques très intenses qu'il serait facile de repérer. Si du NO prend naissance en un point quelconque de la chaîne de réactions, il doit avoir une durée de vie extrêmement courte et sa proportion dans le mélange gazeux doit rester toujours très faible.

b. La présence d'oxygène est difficile à mettre en évidence, car les quantités formées dans les conditions où nous opérons sont trop faibles pour que l'on puisse voir les bandes Schumann-Runge, et la bande continue de l'oxygène a son maximum à 1 450 Å (6). La bande C que nous avons vu plus haut (maximum 1 450 Å) pourrait donc être la somme d'une bande possédant la structure de vibration et appartenant au spectre propre de N_2O, et de la bande de l'oxygène.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Action d'un champ électrique longitudinal sur le pouvoir rotatoire du sel de Seignette cristallisé.* Note (*) de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons rendu compte dans deux Notes précédentes (1) des expériences que nous avons réalisées pour mettre en évidence l'action du champ magnétique sur le pouvoir rotatoire naturel. L'action du champ électrique est plus difficile à étudier expérimentalement, en raison des phénomènes de conductivité, de piézoélectricité ou d'électrostriction qui viennent troubler, dans les champs élevés, l'effet recherché.

Le sel de Seignette, dans le domaine de températures où il est *ferro-électrique*, nous a paru fournir un milieu exceptionnellement favorable pour cette étude. Nous rendons compte brièvement ici d'une partie des résultats que nous avons obtenus, et de l'interprétation que nous en avons donnée.

1° Dispositif expérimental et méthodes de mesure. — Les cristaux de sel de Seignette étant biaxes, il est nécessaire de soigner particulièrement le parallélisme du faisceau lumineux et de l'un des axes optiques (qui, pour ce qui nous concerne, jouent le même rôle). Nous avons employé un dispositif inspiré de celui de M. Longchambon (2), mais modifié pour tenir compte des conditions particulières à ces expériences. Les rotations et ellipticités sont mesurées au moyen d'un analyseur elliptique de Chaumont. Le cristal (de 8^{mm} d'épaisseur) repose sur une monture de plexiglass, de façon à ne subir aucune pression. Les armatures (percées d'un trou central de 1^{mm} de diamètre) sont constituées par des feuilles très minces d'étain, appliquées contre les faces du cristal au

(6) R. Ladenburg et C. C. van Voorhis, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 315.

(*) Séance du 14 mars 1949.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 278 et 1218.

(2) *Thèse*, Paris, 1923.

moyen d'une solution très diluée de baume du Canada dans du xylène. L'ensemble monture-cristal est contenu dans un cryostat composé de deux vases coaxiaux, le premier rempli d'huile de paraffine isolante, le second contenant un mélange réfrigérant. Les températures sont mesurées, suivant les cas, au moyen d'un thermomètre ou d'un couple cuivre-constantan, relié à un millivoltmètre. Les tensions appliquées, dont la valeur maximum est 830 V, sont constituées par des impulsions périodiques carrées dont on peut modifier la fréquence, l'amplitude et le temps de charge. Elles sont obtenues au moyen d'un dispositif électronique dont les principaux éléments sont des tyrathrons.

2° RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — *a. Variation du pouvoir rotatoire avec la température.* — Le pouvoir rotatoire varie fortement, en l'absence de tout champ

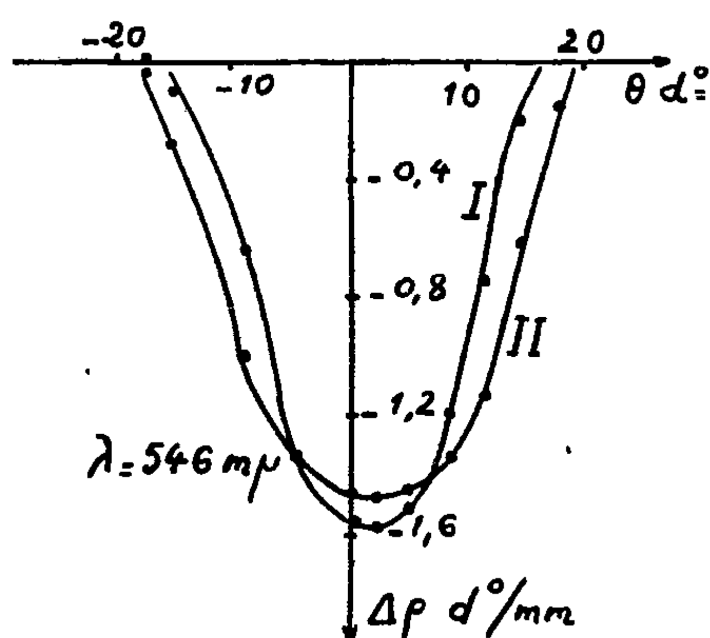


Fig. 1.

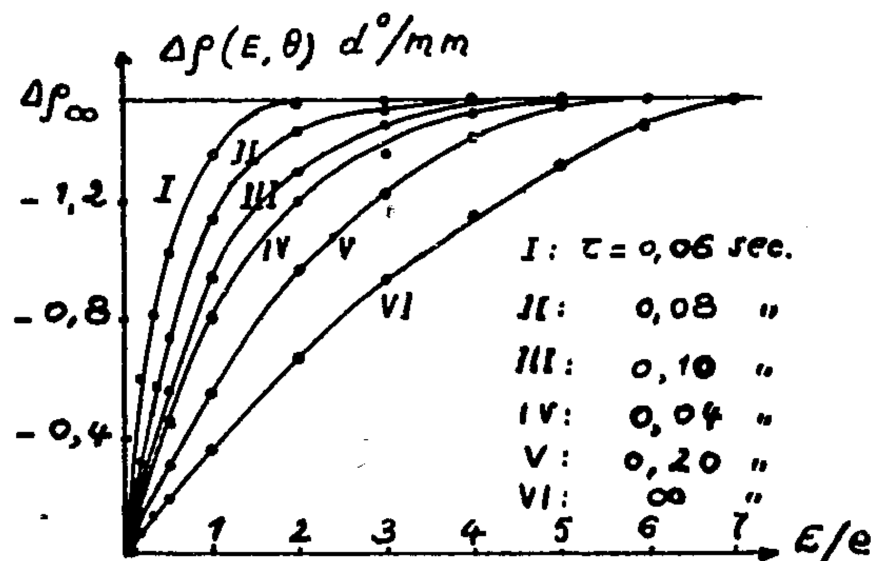


Fig. 2.

appliqué, en raison de l'apparition, entre les deux points de Curie, d'une polarisation spontanée due à l'existence de domaines assez grands, et dirigé suivant l'axe OX du cristal qui est incliné à 35° sur l'axe optique. Nous avons éliminé l'effet Kerr produit par la composante transversale au moyen d'une orientation convenable de la vibration lumineuse incidente. La courbe I de la figure 1 représente, en fonction de la température θ, la variation du pouvoir rotatoire $\Delta\rho_S$ produite par la polarisation spontanée.

b. Action du champ électrique. — La figure 2 représente les variations en fonction du champ E de la modification du pouvoir rotatoire correspondant $\Delta\rho(E, \theta)$, pour différentes valeurs du temps de charge τ, et pour $\theta = 0°,25 \pm 0,05$. Les valeurs de E portées en abscisses sont des multiples entiers de $e = 117,5$ V/cm. On voit que, quel que soit τ, l'effet atteint toujours la saturation. La courbe II de la figure 1 représente, pour $\tau = 0,06$ sec. et $E = 8e$ la variation de $\Delta\rho(E, \theta)$ en fonction de θ ($\lambda = 546$ mμ). Nous avons enfin porté sur le tableau I pour les deux raies jaune et verte du mercure, la valeur *normale* du pouvoir rotatoire à 20°C., la variation maximum $\Delta\rho_S$ de la

rotation due à la polarisation spontanée et la variation totale $\Delta\rho_\infty$ résultant de l'action simultanée de la polarisation spontanée et du champ de saturation.

λ.	546 mμ.	578 mμ.
ρ d°/mm	1,63	1,39
$\Delta\rho_S$ max	−1,48	−1,21
$\Delta\rho_\infty$	−3,03	−2,65

INTERPRÉTATION THÉORIQUE. — Nous avons interprété les effets observés en calculant les deux composantes longitudinale et transversale du champ interne F, sur la base de la théorie de Mason-Ubbelohde ([3]), qui suppose que le dipôle responsable des anomalies diélectriques des cristaux de sel de Seignette est dû à un lien hydrogène qui unit un atome d'oxygène à une molécule d'eau. Nous avons modifié, toutefois, quelque peu cette théorie pour rendre compte de l'action des champs électriques élevés. Nous avons ensuite calculé la variation du pouvoir rotatoire sur la base de la théorie générale que nous avons développée précédemment ([4]). L'accord avec l'expérience est satisfaisant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la séparation du sodium et du potassium par les échangeurs d'ions organiques.* Note (*) de M. **Georges Kayas**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. La séparation des métaux alcalins par les échangeurs d'ions organiques a déjà fait l'objet d'un travail de W. E. Cohn et H. W. Kohn ([1]). Ces auteurs ont réussi à faire une séparation presque totale des métaux alcalins Na, K, Rb et Cs en utilisant le Dowex 50 et éluant par une solution 0,15 n ClH à la vitesse de 0,3 cm³/min.

2. Ayant à séparer les métaux sodium et potassium nous avons employé une méthode légèrement différente : une solution de 65^{mg} de KCl et 45^{mg} NaCl de 25^{cm^3} et d'un pH $\simeq$ 6 a été adsorbée par une colonne d'Amberlite IR 100 de 11^{mm} de diamètre et 20^{cm} de longueur, contenant 10^{g} d'Amberlite sèche. Le sodium était marqué par l'isotope Na^{22} de période $\sim$ 3 ans provenant d'une cible de Mg irradiée au faisceau de deutons du cyclotron du Collège de France. D'autre part, la colonne était constituée par un tube de verre mince entouré d'un bloc de bronze présentant une fente de 1^{mm} perpendiculairement à l'axe de la colonne; on pouvait ainsi suivre la fixation du sodium le long de la colonne.

([3]) W. P. Mason, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 854; A. R. Ubbelohde et I. Woodward, *Proc. Roy. Soc.*, 185, 1946, p. 448.

([4]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 652.

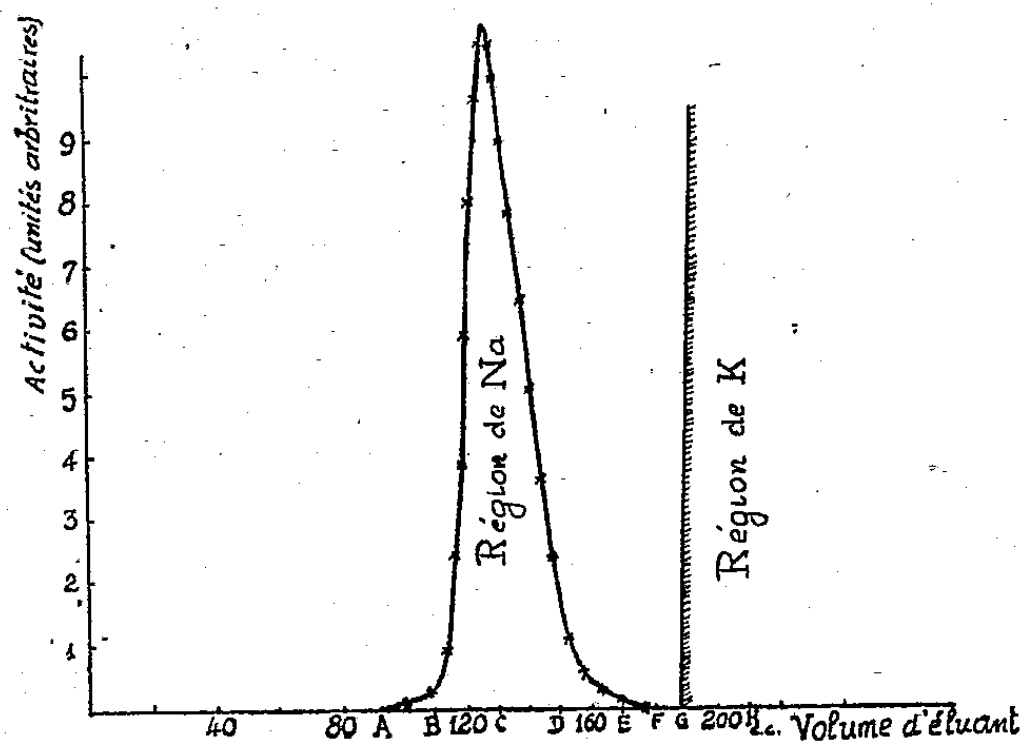
(*) Séance du 7 mars 1949.

([1]) *J. A. C. S.*, 70, 1948, p. 1986.

Quand les 25^{cm^3} sont passés on constate que l'activité est localisée sur les deux premiers centimètres. On commence alors l'élution par une solution $\sim 0,1\,n$ de ClO_4H à une vitesse de 0,12 cm^2/min, et l'on suit le passage du sodium en faisant passer la solution dans un serpentin en verre mince entourant un compteur de Geiger-Müller.

Le choix de l'éluant a été fait à cause de la différente solubilité des perchlorates de sodium et de potassium.

3. La figure ci-après représente la variation de l'activité en fonction du volume de l'éluat. L'ion K^+ n'étant pas marqué, nous avons fait des prélèvements successifs aux points A, B, C, D, E, F, G, H et recherché le potassium par voie spectroscopique. La portion EF évaporée presque à sec donne encore



nettement la raie D du sodium sans trace de K qui ne commence à apparaître qu'au point G. D'ailleurs la portion GH concentrée laisse déposer du perchlorate de potasse insoluble.

Notre but étant la séparation du sodium nous avons arrêté l'élution au point H.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dosimétrie par absorption différentielle des rayons* X, *à l'aide de spectromètres à cristaux courbés et compteurs de Geiger.* Note (*) de Mlle **Yvette Cauchois** et M. **Kenneth Mac Taggart**, présentée par M. Jean Cabannes.

La détection et le dosage d'éléments très analogues, simultanément présents dans un échantillon, nécessitent des opérations chimiques longues et difficiles. C'est ce qui se produit pour le hafnium (ou celtium) et le zirconium, de propriétés chimiques extrêmement voisines, associés dans leurs minerais en

(*) Séance du 7 mars 1949.

général dans la proportion de 1 ou 2 à 100 environ. Nous décrirons ici de nouvelles techniques de dosage par absorption X, élaborées au Laboratoire de Chimie physique de Paris à l'occasion de recherches chimiques poursuivies au C. S. I. R. de Melbourne, qui posent le problème du dosage rapide de quantités non négligeables de Zr dans Hf (ou de Hf dans Zr), sans perte de produit. Nous avons employé un spectromètre à cristal courbé avec compteur de Geiger (*), Le porte-plaque d'un spectrographe ([1]) est remplacé par une plate-forme mobile; elle porte le compteur enfermé dans une boîte plombée, munie d'une fente réglable qui peut décrire le cylindre de focalisation. Un bras de rappel extensible fixé, à l'une de ses extrémités, sous le cristal, à l'autre, sous la fente, oblige l'axe du compteur-cloche cylindrique horizontal à viser toujours le cristal à travers la fente. Les mesures portent sur le rapport r des intensités de deux faisceaux dont les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 (avec $\lambda_1 < \lambda_2$) encadrent une discontinuité d'absorption de l'élément à doser, disons A, située à λ_a; ici la discontinuité K de Zr (687,38 uX) ou L_{III} de Hf (1294,51). Soit B l'élément chimiquement analogue à A; soient m_a et m_b les masses respectives de A et de B par centimètre carré de couche absorbante, a et b les coefficients massiques d'absorption. Pour abréger, négligeons le rôle de la diffusion. On a

$$r = \frac{\mathcal{J}_2}{\mathcal{J}_1} = r_0\, e^{-(a_2-a_1)m_a-(b_2-b_1)m_b} \qquad \text{avec} \qquad r_0 = \frac{\mathcal{J}_{02}}{\mathcal{J}_{01}};$$

d'où

$$\log r = \log r_0 + (a_1 - a_2)m_a - (b_2 - b_1)m_b.$$

S'il n'y a pas de discontinuité de B entre λ_1 et λ_2, $(a_1 - a_2)$ et $(b_2 - b_1)$ sont positifs. $\mathcal{J}_{01}$ et $\mathcal{J}_{02}$ sont les intensités incidentes, lorsque l'absorbant ne contient que A et B. Mais la même formule reste applicable quand A et B sont à l'état de combinaisons ou de mélange, si nous convenons alors de désigner par $\mathcal{J}_{01}$ et $\mathcal{J}_{02}$ les intensités que laisserait passer un écran formé des seuls éléments autres que A et B, lorsqu'il recevrait les intensités incidentes vraies.

Quand λ_1 et λ_2 correspondent à deux raies caractéristiques d'une même série spectrale, r_0 reste pratiquement indépendant des conditions d'excitation. Si, de plus, λ_1 et λ_2 sont très voisines, on peut admettre que les divers éléments, sauf A, ont mêmes coefficients d'absorption respectivement pour λ_1 et λ_2. En particulier, $b_1 = b_2$. Et $\log r$ varie linéairement avec m_a. La méthode de Moxnes ([2]), basée sur ce principe, nécessite une photométrie photographique longue et fastidieuse que l'usage du compteur évite. Il suffit, pour mesurer directement r et r_0, de s'arranger pour que les nombres de chocs vrais soient proportionnels aux intensités en jeu. Il faut trouver deux raies

(*) Compteur Philips Norelco, don du Professeur R. W. G. Wyckoff.

([1]) Y. Cauchois, *Journ. de Phys.*, s. VIII, 6, 1945, p. 89 et *loc. cit.*

([2]) *Zts. f. phys. Chem.*, A, 152, 1931, p. 380.

d'émission convenables, ce dont nous ne sommes pas maîtres. Pour Zr, nous pouvons employer un tube à anticathode d'uranium et les raies ULβ_{10} (686,15) et β_3 (708,81); pour Hf, un tube commercial scellé, à anticathode de tungstène et fenêtre de béryllium, donnant les émissions WLβ_6 (1287,32) et β_4 (1299,14).

Nous avons aussi essayé avec succès une méthode beaucoup plus générale : les deux longueurs d'onde λ_1 et λ_2 sont choisies à volonté dans le spectre continu d'un tube scellé, par exemple. La très grande sensibilité des compteurs, associée à la luminosité du monochromateur à cristal courbé, permet d'obtenir une réponse satisfaisante avec des bandes très étroites de fond continu, sans surcharge du tube. Mais il faut veiller à ce que r_0 demeure effectivement constant et à ce que les faisceaux soient purement monochromatiques dans les conditions d'excitation. Avec ces principes, où $(\lambda_2 - \lambda_1)$ doit être faible, nous avons trouvé commode et plus précis de travailler à compteur fixe et de passer de λ_1 à λ_2 soit par déplacement de la fente devant le compteur, soit à l'aide de deux fentes fixes juxtaposées que l'on ouvre et ferme alternativement.

Dans une autre variante de la méthode d'absorption différentielle, on peut opérer à masse totale constante. En effet, quand l'absorbant ne contient que A et B, si $m_a + m_b = M$, on a

$$\log r = \log r_0 - (b_2 - b_1)M + [(a_1 - a_2) + (b_2 - b_1)]m_a \qquad \text{donc} \quad \log r \propto m_a,$$

même si $b_1 \neq b_2$. Pour conserver l'avantage de la constance de r_0, on choisit encore deux émissions caractéristiques; mais, puisqu'il n'est plus indispensable qu'elles soient très proches, le choix en est facilité; les intensités sont beaucoup plus fortes qu'avec le fond continu. Dans le cas de composés, la formule d'absorption est la même, si l'on considère les a et les b comme des coefficients massiques rapportés aux molécules, les masses m_a et m_b étant les masses des composés en présence dont on maintient la somme M constante, toutes choses égales d'ailleurs. Il n'est pas nécessaire de connaître les coefficients d'absorption; il n'y a aucune correction importante à faire. Afin d'avoir une mesure précise de m_a, il faut encadrer une discontinuité choisie et nulle autre. Pour le zirconium, on réalise un montage pratique avec un tube commercial à molybdène, à l'aide de deux compteurs et fentes fixes. En vue de doser, par exemple, des solutions chlorhydriques d'oxychlorures de Zr et Hf, l'appareil est étalonné avec la solution chlorhydrique pure et quelques solutions titrées, préparées à partir d'échantillons contrôlés par leurs spectres X d'émission, en excitation cathodique, à mieux que 10^{-4}.

Avec des montages provisoires, nous avons effectué des dosages à quelques centièmes près, par comptages alternés de l'ordre de la minute, sur Mo$K\alpha_1$ (ou α_2) et β_1. Le domaine d'application peut être très étendu. Nous avons exploré une large gamme de teneurs en Zr, à partir de $1^{mg}/cm^2$, avec des épaisseurs d'eau allant jusqu'à plusieurs centimètres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les spectres d'émission de la vapeur d'eau et d'eau lourde excités par chocs électroniques.* Note (*) de M. **Sydney Leach**, présentée par M. Jean Cabannes.

Schüler et ses collaborateurs ([1]) ont réussi à obtenir le spectre d'émission de l'eau dans un tube à décharge, des *tampons* d'hydrogène empêchant la vapeur d'eau d'atteindre les électrodes, ce qui réduit notablement la décomposition chimique. Toutefois, l'analyse du spectre obtenu, proposée par Schüler et Wœldike, est très sujette à caution. Nous avons repris cette question en étudiant les spectres d'émission de H_2O et de D_2O, ce qui permet d'établir le schéma de transition avec plus de certitude.

Le spectre de l'eau contient 55 raies situées entre 18040 et 23709 cm^{-1}, et groupées en six bandes, en bon accord avec le spectre publié par Schüler et Wœldike, mais qui ne contenait que 35 raies. Le spectre de l'eau lourde contient 93 raies situées entre 18134 et 23567 cm^{-1}, groupées en sept bandes. Dans les deux cas toutes les bandes sont dégradées vers le rouge.

La structure rotationnelle est très simple. Pour les bandes de H_2O, elle comprend surtout la branche R et des fragments des branches P ou Q. La bande III de l'eau (tableau I) comporte les branches P et R bien développées permettant la détermination des moments d'inertie. Dans le cas de l'eau lourde nous n'avons pas encore réussi à effectuer l'analyse rotationnelle.

On aurait pu s'attendre étant donné l'existence de trois moments d'inertie, à une structure rotationnelle plus complexe, comprenant au moins neuf branches P et neuf branches R. Or, il n'en est rien. Deux hypothèses sont possibles entre lesquelles pourra trancher l'expérience : ou bien on se trouve devant des règles de sélection inattendues, ou bien la molécule H_2O est linéaire à l'état supérieur. Les moments d'inertie pour la bande III sont $3,7.10^{-40}$ g.cm^2(I'_C ?) à l'état supérieur X et de $2,0.10^{-40}$ g.cm^2(I''_B ?) à l'état inférieur Y. Ce dernier est très proche du moment d'inertie à l'état fondamental ($I_B = 1,929.10^{-40}$ g/cm^2), ce qui suggère que la différence des niveaux électroniques Y et $^1A_1$ (état fondamental) n'est pas grande.

Les différentes têtes de bandes peuvent être rangées dans le schéma suivant identique pour H_2O et D_2O, *a* et *b* étant les fréquences de vibration dans l'état le plus bas, probablement antisymétriques. Les rapports des fréquences correspondantes dans H_2O et D_2O varient de 1,399 à 1,439, la valeur théorique étant $\sqrt{2} = 1,414$. La bande VII de H_2O est probablement recouverte en partie par les bandes d'absorption de OH^+, et n'a pas pu encore être isolée.

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) H. Schüler et A. Wœldike, *Physik Zeitschr*, 44, 1943, p. 335.

Ce schéma est conforme aux règles de sélection connues ([2]), ce qui n'était pas le cas du schéma de Schüler et Wœldike.

Les constantes de forces pour H_2O et D_2O à l'état X ont été évaluées à l'aide des formules habituelles en supposant qu'il s'agit de forces de liaisons : nous trouvons $k_1 = 6{,}67\ (7{,}76).10^5$ dynes/cm., $k_\delta/l^2 = 0{,}31\ (0{,}69).10^5$ dynes/cm. pour H_2O; $k_1 = 7{,}3\ (7{,}94).10^5$ dynes/cm., $k_\delta/l^2 = 0{,}24\ (0{,}70).10^5$ dynes/cm.

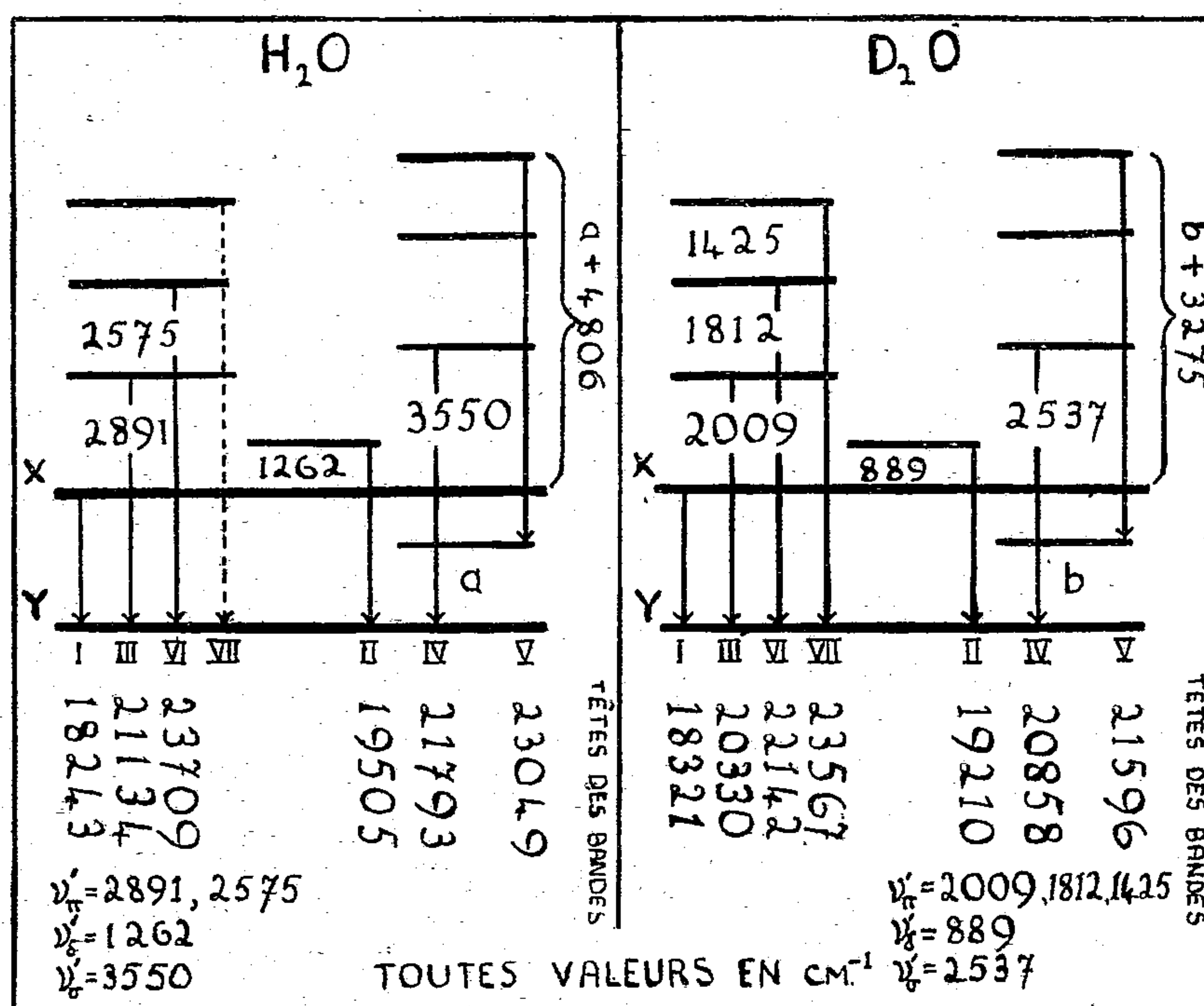


Tableau I

pour D_2O. (Les valeurs entre parenthèses se rapportent à ces molécules à l'état fondamental). La précision sur les fréquences n'est pas suffisante pour calculer l'angle de valence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du germanochloroforme : préparation-structure déterminée au moyen de son spectre Raman.* Note de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des préparations indiquées pour le germanochloroforme anhydre, la plus facile à réaliser est l'action, au rouge, du gaz chlorhydrique sur le germanium réduit. Décrite par Winckler ([1]) qui estimait préparer ainsi du germanochloro-

([2]) H. Sponer et E. Teller, *Rev. Mod. Physics*, 13, 1941, p. 75.

([1]) *J. für Prak. Chem.*, 35, 1887, p. 189.

forme pur, elle fut reprise par Johnson ([2]) qui, opérant dans un appareil fermé rempli d'azote, déclare obtenir un mélange infractionnable comportant 70 % de germanochloroforme et 30 % de tétrachlorure de germanium. Dans des conditions comparables le silicium fournit un mélange de $SiHCl_3$ et de $SiCl_4$, la nature des deux constituants annoncés par Johnson est donc tout à fait vraisemblable.

Pour préparer $GeHCl_3$, nous avons repris un procédé analogue à celui de Johnson, en chauffant du germanium réduit dans un tube d'abord balayé par de l'azote sec, puis traversé par un mélange d'azote et de gaz chlorhydrique; la réaction ne commence que vers 500° et s'accélère quand la température s'élève. Nous l'avons menée à diverses températures comprises entre 500° et 700°. A la sortie du four à réaction un refroidissement des gaz à — 60° condense pratiquement tous les dérivés du germanium en un liquide qu'on laisse ensuite se réchauffer à la température ordinaire. La teneur en germanochloroforme déterminée sur ce liquide par un dosage iodométrique comme le faisait Johnson varie peu avec la température de la réaction : elle est toujours voisine de 90 %.

Nous avons soumis le liquide ainsi préparé à l'effet Raman. Le spectre de $GeCl_4$ est connu; celui du germanochloroforme anhydre n'a pas encore été déterminé. Sur les clichés suffisamment posés, on observe effectivement les trois fréquences les plus intenses de $GeCl_4$ (la 4e très faible n'apparaît pas). La faible intensité de ces trois raies dénote une faible teneur du mélange en $GeCl_4$. Un dosage photométrique est d'ailleurs possible : nous l'avons pratiqué en réalisant sur une même plaque des séries de spectres également posés de deux tubes identiques contenant l'un le mélange à analyser, l'autre $GeCl_4$ pur. La teneur en $GeCl_4$ étant faible, on considérera dans le spectre du mélange l'intensité I de la raie ν_1 de $GeCl_4$ excitée par λ 4358 Å et dans celui de $GeCl_4$ pur les intensités I_1 et I'_1 de la même fréquence excitée par λ 4358 Å et par λ 4347 Å. C'est à I'_1 qu'on compare I. Le rapport I/I_1 indique approximativement le pourcentage en $GeCl_4$ du mélange. Les résultats trouvés sont en bon accord avec le dosage chimique.

Nous avons donc préparé un mélange très riche en $GeHCl_3$ qui nous a permis de déterminer le spectre Raman de ce corps anhydre.

Le spectre du liquide obtenu est constitué, outre les trois raies faibles imputables à un peu de $GeCl_4$, par six fréquences nouvelles dont trois sont polarisées et trois dépolarisées, ce qui correspond bien au spectre attendu pour une molécule $GeHCl_3$ de symétrie C_{3v}.

Le tableau indique la comparaison entre les fréquences de $SiCl_4$ et celles de $SiHCl_3$ d'une part, et celles de $GeCl_4$ et de $GeHCl_3$ d'autre part. Les deux évolutions sont tout à fait parallèles. Il est donc facile de classer les fréquences

([2]) Dennis, Orsdorff et Tabern, *J. Phys. Chem.*, 30, 1926, p. 1050.

de $GeHCl_3$ et l'on peut affirmer que cette molécule a bien une structure comparable à celle du silichloroforme. En particulier la raie $2159 cm^{-1}$ doit être attribuée à la liaison Ge—H. L'existence de cette liaison covalente ayant été mise en doute ([3]) ([4]), nous avons vérifié en utilisant six excitatrices (4358, 4046, 4077, 3650, 3654, 3663 Å) qu'elle appartenait bien au spectre.

Fréquences en cm^{-1} (modes de vibration).

		δ_{12}	δ_{345}	ν_1	ν_{234}		
$SiCl_4$		150	221	424	610		
	ρ....	6/7	6/7	0,05	6/7		
	J....	3	2	4	1		
			δ_3		ν_{23}	δ_{45}	ν_4
$SiHCl_3$		179	250	489	587 (large)	799 (large)	2258 (large)
	ρ....	0,85	0,29	0,05	0,74	0,72	0,20
	J....	5	6	10	4	6	7
		δ_{12}	δ_{345}	ν_1	ν_{234}		
$GeCl_4$		132	172	397	451		
	ρ....	6/7	6/7	0,05	6/7		
	J....	5,8	5,8	10	1,3		
			δ_3		ν_{23}	δ_{45}	ν_4
$GeHCl_3$		149	181	409	438 (large)	699 (large)	2159 (large)
	ρ....	6/7	0,55	0,05	6/7	6/7	0,2
	J....	11	2	10	1	M	F

La force de la liaison Ge—H est $f = 2,70.10^5$ cgs alors que pour Si—H on trouvait $2,88.10^5$ et pour C—H $4,92.10^5$.

Le spectre de $GeHCl_3$ anhydre est tout à fait différent de celui décrit par Volkringer et ses collaborateurs ([3]). Mais ces auteurs ont pris le spectre, non de $GeHCl_3$ anhydre mais d'une solution de $GeCl_2$ dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique. Nous montrerons dans un prochain mémoire l'action de solvants plus ou moins ionisants sur la molécule particulièrement fragile de $GeHCl_3$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réfractométrie interférentielle des solutions colloïdales.* Note (*) de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Paulette Berthier**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La réfractométrie interférentielle se prête particulièrement bien à l'étude

([3]) Volkringer, Tchakirian et Mme Freymann, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 292.

([4]) Brewer, *J. Phys. Chem.*, 31, 1927, p. 1818.

(*) Séance du 14 mars 1949.

des plus faibles variations d'indice des solutions colloïdales ainsi que l'un de nous l'a signalé autrefois [1].

Nos recherches ont porté sur des solutions colloïdales parfaitement transparentes comme le sont celles d'alumine, de thorine ou de silice. Nous avons utilisé un réfractomètre interférentiel de Zeiss. Toutes les valeurs de n rapportées ci-dessous représentent les excès des indices des milieux étudiés par rapport à celui de l'eau, exprimés en unités relatives. Pour les obtenir en valeur absolue (raie D) il suffit de les multiplier par 2.10^{-6}.

1. *Influence du chauffage.* — Chauffés en tube scellé dans une étuve à 75°, les divers hydrosols examinés sont le siège d'une évolution se traduisant par un trouble plus ou moins net de la solution colloïdale qui, dans certains cas (alumine) finit par floculer. Cette évolution s'accompagne d'une légère diminution d'indice qui reste très faible tant que le liquide demeure assez transparent pour permettre les mesures comme le montrent les valeurs suivantes de n relatives à diverses durées t de chauffage.

t (jours).	Alumine (10 g/l).	Thorine (6 g/l).	Silice (5,4 g/l).
0	619	266	162
1	619	249	155
8	619	243	155
15	617	243	155

Après floculation de l'alumine, l'indice éprouve une importante diminution ($n = 75$).

2. *Addition d'un autre colloïde.* — Lorsqu'on mélange deux hydrosols, l'excès N de l'indice du mélange par rapport à l'eau est très approximativement égal à la somme $n + n_0$ des excès relatifs aux deux hydrosols dilués chacun dans un égal volume d'eau. A titre d'exemple nous donnons ci-dessous les valeurs de n et de $n + n_0 - N$ pour les milieux obtenus en mélangeant à volumes égaux : 1° un hydrosol d'alumine à 2 g/l($n_0 = 107$) et une solution de sérum albumine de concentration $2c$; 2° un hydrosol de thorine à 6 g/l($n_0 = 128$) et un hydrosol de silice de concentration $2c$.

Alumine + sérumalbumine.			Thorine + silice.		
c.	n.	$n+n_0-N$.	c.	n.	$n+n_0-N$.
1	48	−4	1,35	37	−1
2	95	−2	2,7	75	+1
2,5	134	−1	4,01	111	0
–	–	–	5,4	148	−1

3. *Addition d'un électrolyte.* — La loi d'additivité se maintient tant que la concentration de l'électrolyte n'est pas suffisante pour entraîner la floculation

(1) A. Boutaric et G. Perreau, *Revue générale des colloïdes*, 1927, p. 658; A. Boutaric, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 79.

du colloïde, comme le montrent les résultats suivants qui donnent les valeurs de N pour les milieux réalisés en mélangeant à volumes égaux un hydrosol d'alumine à 1 g/l(n_0 =30,25) et des solutions de ClK de concentration $2c$.

c...........	2,5	5	10	12,5	25	50.10⁻³N
n...........	12,7	26,5	55,25	69,5	138,5	290,25
$n+n_0-$N...	0	0,75	0,5	0,75	1,75	5

Si l'électrolyte est introduit sous une concentration suffisante pour provoquer la floculation de l'hydrosol, les résultats sont tout différents comme le montrent les nombres suivants relatifs aux mélanges à volumes égaux du même hydrosol et de solutions de PO^4Na^3 prises sous des concentrations $2c$. Après floculation l'excès N′ de l'indice du liquide surnageant par rapport à l'eau est inférieur à la somme des excès $n+n_0$ relatifs à l'électrolyte et au colloïde mis en présence d'une quantité qui correspond à la somme de deux termes, l'un n_1 relatif aux granules, l'autre ε' relatif à l'électrolyte fixé sur le floculat :

$$n_0+n-\mathrm{N}'=n_1+\varepsilon'.$$

Désignant par ε la part de l'indice de l'hydrosol qui revient aux impuretés du liquide intermicellaire, on a $n_0=n_1+\varepsilon$, d'où

$$n-\mathrm{N}'=\varepsilon'-\varepsilon.$$

Pour l'hydrosol d'alumine envisagé, on avait $\varepsilon=18,75$

c.	n.	N′.	$\varepsilon'=n-\mathrm{N}'+\varepsilon$.
2,5.10⁻³N	22,5	21	20,25
3,33 »	31,25	29,25	20,75
5 »	45,75	43	21,5
10 »	93,75	90	22,5

Les valeurs de ε' ainsi obtenues n'augmentent que très lentement en fonction de c; elles montrent que pour de faibles concentrations, la quasi-totalité de l'électrolyte introduit est fixée par le floculat. Il est malheureusement difficile d'obtenir la valeur de ε relative au liquide intermicellaire. La valeur ci-dessus adoptée se rapporte au liquide fourni par le sol d'alumine ayant floculé spontanément par séjour à l'étuve à 75°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mécanisme de l'estérification et de réactions connexes.* Note (*) de M. **Albert Tian**, présentée par M. Louis Hackspill.

Utilisant l'analogie que présentent la formation des dérivés de l'oxonium et de l'ammonium, j'ai proposé récemment ([1]) une théorie de l'estérification.

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 922.

Dans la constitution de ces composés complexes les radicaux OH et NH_2 jouent le même rôle. Ce fait se présente souvent en Chimie, notamment avec les alcools et les amines dont beaucoup de propriétés peuvent être rapprochées. Il paraît possible en généralisant ces analogies, d'étendre à la production des alcalamides (et, comme cas particulier, des amides) la théorie relative à la formation des esters. Tel est le but de la présente Note.

1. *Réaction des acides sur les amines.* — 1° *Cas des acides organiques.* — On attribue habituellement au résultat immédiat de cette action, la formule d'un *sel* d'ammonium alcoylé (²) : $R'COO[\mathbf{N}H_3R]$. Cette constitution devrait être tout autre si elle devait être calquée sur celle du composé d'addition donné par l'acide R'CO.OH avec l'alcool ROH, à laquelle on a été précédemment conduit.

En effet puisque, comme je l'ai montré, on a de très sérieuses raisons d'admettre que dans l'estérification l'acide se scinde en radicaux R'CO et OH pour donner avec l'alcool l'hydroxyle $OH[\mathbf{O}H.R.R'CO]$, on sera amené à accepter pour constitution du composé d'addition celle, non d'un sel, mais d'un *hydroxyde* d'ammonium acylé et alcoylé de formule $OH[\mathbf{N}H_2.R.R'CO]$, obtenue en remplaçant dans la précédente OH par NH_2. Dans ces conditions, puisque la formation de l'ester R'CO.OR s'explique par la migration d'un atome d'hydrogène, de l'ion complexe à l'extérieur de celui-ci, l'obtention d'un alcalamide NHR.R'CO se justifiera par la même migration, une molécule d'eau étant éliminée dans l'un et l'autre cas.

2° *Cas des acides forts.* — Soit l'acide XOH. Il donne avec les alcools, comme nous l'avons vu, avec un vif dégagement de chaleur, un composé d'addition qui mérite le nom de *sel d'alcool* de formule $XO[\mathbf{O}H_2R]$, puisque ce composé n'est pas un hydroxyde mais un sel d'oxonium. Ce dérivé donne ensuite par déshydratation l'ester XOR.

Avec les amines on aurait donc aussi un *sel*. C'est, en effet, bien un composé d'addition tout à fait analogue au sel d'alcool qui se produit : c'est le sel d'ammonium alcoylé $XO\,[\mathbf{N}H_3R]$ formé lui aussi avec un dégagement de chaleur tout à fait comparable à celui qui accompagne la formation du sel d'oxonium. L'existence des sels d'amines étant indiscutable (ces composés sont isolables), on a du même coup une confirmation de celle des sels d'alcools.

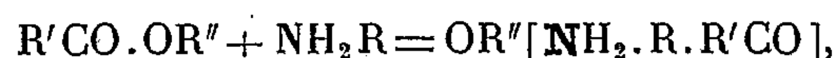
En comparant les formules de ces composés, on voit que dans les complexes ammoniacaux les éléments d'une molécule d'eau ne sont pas groupés d'une manière aussi étroite que dans les complexes oxoniens. Aussi s'explique-t-on que si ces derniers se déshydratent facilement pour fournir un ester, on doit avoir peu de chances de voir les premiers donner un amide par perte d'une molécule d'eau. C'est ainsi que le chauffage du sulfate d'ammonium ne donne

(²) Dans la présente Note l'ion central, oxygène ou azote, coordonnant les éléments d'un ion complexe, est représenté en caractères gras.

que quelques centièmes à peine de la sulfamide $SO_2(NH_2)_2$. L'effet d'une élévation de température sur le sel d'ammonium sera donc de déterminer la seule migration d'un atome d'hydrogène, c'est-à-dire de dissocier le sel, pour redonner l'acide et la base.

Ainsi peuvent s'expliquer très simplement les réactions fournies par les amines (et comme cas particulier l'ammoniac) avec les acides faibles et forts, ainsi que la divergence des résultats obtenus par pyrolyse.

2. *Réaction des esters sur les amines.* — 1° *Cas des esters d'acides faibles.* — Le composé intermédiaire formé par addition serait du type hydroxyde, mais en outre, alcoylé dans le radical OH extérieur à l'ion complexe



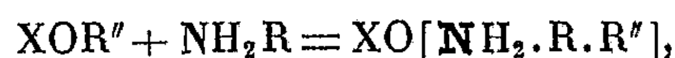
$$R'CO.OR'' + NH_2R = OR''[NH_2.R.R'CO],$$

lequel se dédoublerait par migration d'un atome d'hydrogène suivant le même mode que précédemment en alcool et alcalamide (ou amide si R = H)



$$OR''[NH_2.R.R'CO] = R''OH + NH.R.R'CO.$$

2° *Cas des esters d'acides forts.* — Le produit d'addition ne serait plus un hydroxyde mais un sel d'ammonium alcoylé



$$XOR'' + NH_2R = XO[NH_2.R.R''],$$

qui, par migration d'un atome d'hydrogène donnerait la base NH.R.R'' (réaction effectuée en présence de soude ou par chauffage).

Ainsi se justifie encore la différence d'action des esters sur les amines (ou l'ammoniac) et la formation soit d'amides soit d'amines suivant que l'acide est faible ou fort.

En conclusion la formation de la fonction amide semble due essentiellement, dans le cas des acides organiques ou de leurs esters, à la scission particulière de ces composés en radical acide et en oxhydryle libre ou alcoylé.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Inhibition par le carbone et l'hydrogène de l'adsorption activée du méthane par les catalyseurs Fischer au nickel.* Note de M. **André Troesch**, présentée par M. Paul Pascal.

L'existence entre 150 et 200°C. d'une adsorption activée du méthane par les catalyseurs à base de nickel et silice comme par les catalyseurs Fischer au cobalt a été démontrée par Taylor (¹) surtout à l'aide des réactions d'échange entre méthane et deutérium, ainsi que par Kubokawa (²) qui a mesuré les

(¹) Morikawa, Bénédict et H. S. Taylor, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1936, p. 1445; E. H. Taylor et H. S. Taylor, *ibid.*, 61, 1939, p. 503; Kemball et H. S. Taylor, *ibid.*, 70, 1948, p. 345.

(²) *Rev. Phys. Chem. Japan*, 12, 1938, p. 157; *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, 14, 1938, p. 61.

vitesses d'adsorption du méthane pour de grandes quantités de catalyseur (15g) et de faibles volumes de gaz injecté, et qui a mis en évidence l'énergie d'activation de cette adsorption. Enfin, Goepfert [3] a déterminé à 175° les isothermes d'adsorption du méthane et de l'hydrogène sur des catalyseurs à base de nickel, alumine et silice qui se sont toujours révélés capables de fixer moins de méthane que d'hydrogène.

Les travaux résumés dans la précédente Note concernent un catalyseur identique à ceux de Goepfert (*loc. cit.*) et préparé selon la technique décrite par Perrin [4]. Le traitement thermique réducteur, qui influe beaucoup sur les propriétés adsorbantes et catalytiques, est réalisé ici à 450° pendant deux heures dans un courant d'hydrogène à la vitesse spatiale horaire de 60, au terme d'une montée en température durant 30 minutes dans un courant d'azote. Il est suivi d'une désorption à 450° pendant 36 heures. Les expériences d'adsorption sont faites à 170° et à volume constant, le volume de méthane injecté est toujours de $1^{cm^3},7$ environ pour 5g de catalyseur pesés avant réduction. La diminution de pression est suivie en fonction du temps à l'aide d'une jauge de McLeod. Après chaque adsorption, le gaz est désorbé à la même température au moyen d'une pompe à vapeur de mercure qui maintient dans l'enceinte une pression de 10^{-4} mm et refoule le gaz désorbé dans un volume connu dont l'augmentation de pression est enregistrée.

Dans une première série d'expériences, la désorption a été arrêtée quand était extrait un volume de gaz égal au volume injecté au début de l'adsorption. Dans une seconde série, la désorption a été prolongée jusqu'à ce que s'arrête l'augmentation de pression en aval de la pompe. Les volumes recueillis dans cette seconde série d'essais sont très supérieurs à ceux obtenus dans la première série. L'analyse à la jauge de Pirani a révélé que ces gaz sont très riches en hydrogène, alors que l'équilibre



$$CH_4 = C + 2H_2$$

ne prévoit que 25 % d'hydrogène dans les produits gazeux de la réaction à 170° et 10^{-4} mm. Ce résultat impose d'envisager un processus plus favorable à la formation d'hydrogène et ce ne peut être que la carburation du nickel selon



$$2Ni + CH_4 = Ni_2C + 2H_2.$$

Conformément aux observations antérieures de Taylor (*loc. cit.*) et de Goepfert (*loc. cit.*), l'incorporation de carbone aux catalyseurs nuit à leurs propriétés adsorbantes comme le montrent nettement les résultats du tableau ci-après concernant deux séries d'expériences d'absorption effectuées dans l'ordre de la numération. La première série a été faite après *désorption limitée* au volume gazeux injecté, la seconde après *désorption complète*. Chaque expérience est caractérisée par la pression initiale p_0, la pression finale p_e correspondant à l'équilibre d'adsorption, et par le temps de demi-adsorption $t_{1/2}$. Le volume

[3] *Thèse*, Lyon, 1947.
[4] *Thèse*, Lyon, 1949.

adsorbé, défini par la différence $p_0 - p_e$, diminue d'une expérience à la suivante, ce qui entraîne une baisse de $t_{1/2}$. Pour compenser cette diminution du volume adsorbé, les temps de demi-adsorption ont été multipliés par le rapport de la valeur maxima de $p_0 - p_e$ ($1^{mm},800$) à sa valeur actuelle.

Expérience nº.	p_0 (mm).	p_e (mm).	$p_0 - p_e$ (mm).	$t_{1/2}$ (sec).	$t_{1/2}\left(\frac{1,8}{p_0 - p_e}\right)$ (sec).
205.....	1,876	0,076	1,800	666	666
207.....	1,898	0,416	1,482	636	772
209.....	1,880	0,887	0,993	540	978
211.....	1,884	1,344	0,540	330	1100
223.....	1,842	0,525	1,317	432	590
225.....	1,839	0,685	1,154	390	608
227.....	1,840	0,806	1,034	340	591

Ces résultats mettent clairement en évidence les conclusions suivantes :

1° L'adsorption du méthane est nettement inhibée par la fixation du carbone sur la surface active, seul phénomène intervenant dans la seconde série d'essais pour diminuer régulièrement le volume adsorbé. Mais l'hydrogène influe dans le même sens puisque le volume adsorbé décroît plus rapidement dans la première série, où ce gaz n'est que partiellement éliminé de la surface par une désorption limitée;

2° Quand le carbone intervient seul, le temps de demi-adsorption ramené à une même variation totale de pression ($1^{mm},8$), c'est-à-dire à une même surface active, est constant. La vitesse d'adsorption n'est donc pas modifiée et l'inhibition est due à la destruction d'un certain nombre de centres actifs qui ont été carburés;

3° Par contre, quand l'hydrogène et le carbone agissent simultanément, le temps de demi-adsorption, ramené à une même surface active, augmente. Par conséquent, non seulement l'hydrogène diminue, comme le carbone, la surface accessible aux molécules de méthane, mais il ralentit la fixation de ce gaz sur les fractions encore libres de la surface active. Les deux mécanismes d'inhibition sont donc nettement distincts. L'analyse cinétique du processus d'adsorption doit permettre de préciser ces mécanismes et de les différencier plus complètement.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Influence de l'état de combinaison des constituants de catalyseurs au nickel sur leur activité en synthèse Fischer.* Note de MM. **Yves Trambouze** et **Marcel Perrin**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note (1) nous avons montré que des catalyseurs Fischer à base de nickel, alumine et silice, de composition sensiblement identique,

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 837.

avaient une activité très différente selon que le traitement réducteur comportait ou non un chauffage prolongé à 220°. Nous avons suggéré que ces différences étaient dues aux modifications qu'entraîne le préchauffage dans l'état de combinaison des constituants. L'un de nous (²) a montré en effet que, juste avant réduction, le nickel se trouve généralement sous trois formes : de l'oxyde libre ou combiné à l'ion CO_3^-, un hydroaluminate et un hydrosilicate de nickel. Une méthode analytique a été mise au point pour doser ces trois formes de nickel aux divers stades du traitement thermique jusqu'au moment où débute la réduction.

Les travaux résumés dans la présente Note ont pour but de mettre en évidence les relations entre les variations d'activité et l'importance relative des composés du nickel. Le tableau ci-après donne quelques exemples de l'influence de la composition d'un catalyseur sur son activité vis-à-vis du gaz de synthèse $CO + 2H_2$.

Dans ce tableau, les états de combinaison du nickel sont caractérisés par les pourcentages de cet élément se trouvant à l'état d'oxyde ou carbonates (Ni), à l'état d'aluminate (Ni—Al) et à l'état de silicate (Ni—Si). L'alcalinité des catalyseurs a été mesurée selon une méthode exposée par l'un de nous (³) et est exprimée en pourcentage de carbonate de potassium. Les propriétés catalytiques concernent, d'une part, l'*activité hydrogénante* initiale qui, quand elle est élevée, conduit temporairement à la production exclusive de méthane et se caractérise par une valeur élevée de la température maxima T atteinte dans la colonne de catalyseur (le four étant maintenu à 175°) et par une faible valeur du taux de contraction C, et, d'autre part, l'*activité Fischer* définie par le rendement R en hydrocarbures autres que le méthane et par le temps *t* qui s'écoule entre le début de la production de ces hydrocarbures et le moment où l'encrassement de la masse de contact par les produits non volatils de la synthèse exige une régénération.

	États de combinaison du nickel				Alcalinité	Activité hydrogénante		Activité Fischer	
Catalyseur.	Ni (%).	Ni—Al (%).	Ni—Si (%).	$\frac{Ni}{Ni-Al}$.	CO_3K_2 (%).	T°C.	C.	R. (g).	t. (h).
C. I. 40	16	40	44	0,4	–	228	0,24	–	–
C. I. 41	20	70	10	0,3	0,08	232	0,25	42	72
C. I. 41, préchauffé	35	55	10	0,65	0,08	225	0,29	100	58
C. I. 42	31	60,4	8,6	0,5	0,20	185	0,63	46	75
C. I. 42, préchauffé	41	59	0	0,7	0,20	205	0,45	48	210
C. I. 42, relavé	18	67,4	14,6	0,3	0,07	200	0,50	42	72

Il est clair que l'augmentation d'activité Fischer entraînée par le préchauffage à 220° durant 48 heures, résulte d'importantes modifications dans les états de combinaison du nickel. Le préchauffage augmente à la fois l'activité Fischer et

(²) TRAMBOUZE, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 971.

(³) PERRIN, *Thèse*, Lyon, 1949.

le rapport du nickel se trouvant sous forme d'oxyde ou de carbonates au nickel combiné à l'alumine. Ries et ses collaborateurs ([4]) ont du reste montré que des catalyseurs constitués uniquement de nickel et d'alumine ont une activité maxima pour un rapport Ni/Al_2O_3 égal à l'unité. Par contre, l'activité hydrogénante initiale paraît décroître avec la teneur en silicate et est d'autant plus faible qu'il y a plus de nickel non combiné à la silice et l'alumine.

L'un de nous ([3]) avait déjà observé l'influence considérable de l'alcalinité des catalyseurs sur leur activité. Un catalyseur très alcalin (0,4 %) est pratiquement inactif. Un catalyseur presque neutre a d'abord une très forte activité hydrogénante suivie, au bout d'un temps plus ou moins long, par une activité Fischer moyenne. Un catalyseur légèrement alcalin (0,1 %) a dès le début une bonne activité Fischer, mais n'est jamais très hydrogénant. Dans le présent travail, une fraction du catalyseur C. I. 42 soumise à un lavage limité contient 0,2 °/₀ de carbonate alcalin, mais après un lavage plus poussé, une autre fraction ne titre plus que 0,07 °/₀. La répartition du nickel dans ses diverses combinaisons diffère beaucoup d'une fraction à l'autre. La plus alcaline est plus riche en nickel non combiné aux deux autres constituants et a par conséquent une activité hydrogénante plus faible. Par contre, son rapport Ni/Ni-Al est plus grand et son activité Fischer un peu plus élevée. Celle-ci devient identique à celle de l'échantillon C. I. 41 non préchauffé et il en est de même pour la répartition du nickel dans ses diverses combinaisons. Nous sommes donc maintenant capables d'assurer la reproductibilité de l'activité Fischer et de la structure, même pour des catalyseurs préparés dans des conditions différentes.

En conclusion, le rapport du nickel non combiné au nickel se trouvant à l'état d'hydroaluminate joue un rôle déterminant dans l'activité en synthèse Fischer. Par contre, la présence d'hydrosilicate de nickel est défavorable à cette activité. D'autre part, et cela peut paraître assez inattendu, plus il y a de nickel engagé dans des combinaisons susceptibles d'être réduites aisément à 450° (oxyde, carbonates, aluminate) au terme du traitement réducteur, plus l'activité hydrogénante est faible. Il est logique d'admettre que chaque composé du nickel mis en évidence exerce son activité catalytique dans une direction donnée, parce qu'il possède une structure cristalline favorable à tel processus réactionnel à l'interface. Il convient donc de définir chacune de ces structures comme de rechercher leur rôle en catalyse et cela d'autant plus que, d'après de Lange et Visser ([5]), le pH de précipitation et les conditions du traitement thermique jouent un rôle important sur la formation et l'orientation des feuillets cristallins constitués par ces combinaisons.

([4]) RIES, LISTER, SMITH et KORNAREWSKY, *Ind. Eng. Chem.*, 40, 1948, p. 118.

([5]) *De Ingénieur*, 58, 1946, p. 24.

ÉLECTROCHIMIE. — *Constantes de dissociation des acides benzène phosphinique et benzène phosphonique. Influence de quelques substituants fixés sur le noyau.* Note (*) de M[lle] **Paule Lesfauries** et M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

Alors que la force des acides phosphoniques aliphatiques a déjà fait l'objet de recherches assez étendues ([1]), l'étude électrochimique des acides organophosphoriques aromatiques n'avait pas encore été effectuée, même pour les plus simples d'entre eux. Ayant eu l'occasion de préparer divers composés de cette série, au cours d'un travail de mise au point et de généralisation des méthodes de phosphonation découvertes par A. Michaelis ([2]), nous avons déterminé, à $\pm 0,05$ près, leurs constantes de dissociation électrolytique à 17°, par titrage électrométrique au moyen d'une électrode de verre.

Acides étudiés.	Concentrations.	pK_1 apparent.	pK_2.	Réactif utilisé pour le titrage.
Benzène phosphinique	N/50	2,1	(*)	HONa N/5
$C_6H_5—P^+H(O^-)OH$ F 80°....	N/10	1,7		HONa N
Benzène phosphonique	N/50	2,2	6,85	HONa N/5
$C_6H_5—P^+(O^-)(OH)_2$ F 158°...	N/10	1,85	6,85	HONa N
p-bromobenzène phosphinique	N/50	2,1	(*)	HONa N/5
F 142°...	N/20	1,85		HONa N
p-bromobenzène phosphonique	N/50	2,15	6,6	HONa N/5
F 202°...	N/20	2,0	6,6	HONa N
p-méthoxybenzène phosphinique	N/50	2,35	(*)	HONa N/5
F 112°...	N/10	1,95		HONa N
p-méthoxybenzène phosphonique	N/50	2,4	7,15	HONa N/5
F 158°...	N/10	2,15	7,1	HONa N
p-méthoxy *m*-chlorobenzène phosphonique F 192°...	N/50	2,25	6,7	HONa N/5
p-diméthylaminobenzène phosphinique	N/50	4,1	(*)	HONa N/5
F 162°...	N/50	2,1		HCl N/5
p-diméthylaminobenzène phosphonique	N/50	4,2	7,35	HONa N/5
F 155°...	N/50	2,0		HCl N/5
α-hydroxyphénylméthane phosphinique F 110°...	N/10	1,75	(*)	HONa N

(*) $pK_2 > 11,5$. Acidité trop faible pour être mesurable avec l'électrode de verre utilisée.

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) *Voir* notamment : P. Rumpf et V. Chavane, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 919.

([2]) *Ann. Chem.*, **181**, 1876, p. 265; **260**, 1890, p. 1; **293**, 1896, p. 193.

On voit immédiatement que ces acides sont très forts. Leur première constante de dissociation dépasse nettement celle des acides phosphoniques aliphatiques pour lesquels pK_1 est compris entre 2,35 et 2,6 ([1]).

Quand le groupement phosphoré est directement fixé sur un noyau aromatique, le pH mesuré au milieu de la saturation de la première fonction acide n'indique qu'une valeur apparente du pK : il baisse lorsqu'on passe de la concentration N/50 à la concentration N/10. Mais on peut corriger les valeurs suffisamment approchées obtenues avec la solution N/10, en tenant compte des ions H^+ nécessaires pour porter le milieu au pH correspondant. On obtient ainsi, pour l'acide benzène phosphinique : $pK_1 = 1,35$; pour l'acide benzène phosphonique : 1,60 et respectivement 1,25 et 1,60 pour les dérivés bromés, 1,75 et 2,0 pour les dérivés méthoxylés et 1,4 pour l'acide α-hydroxylé $C_6H_5 - CH(OH) - P^+H(O^-)OH$.

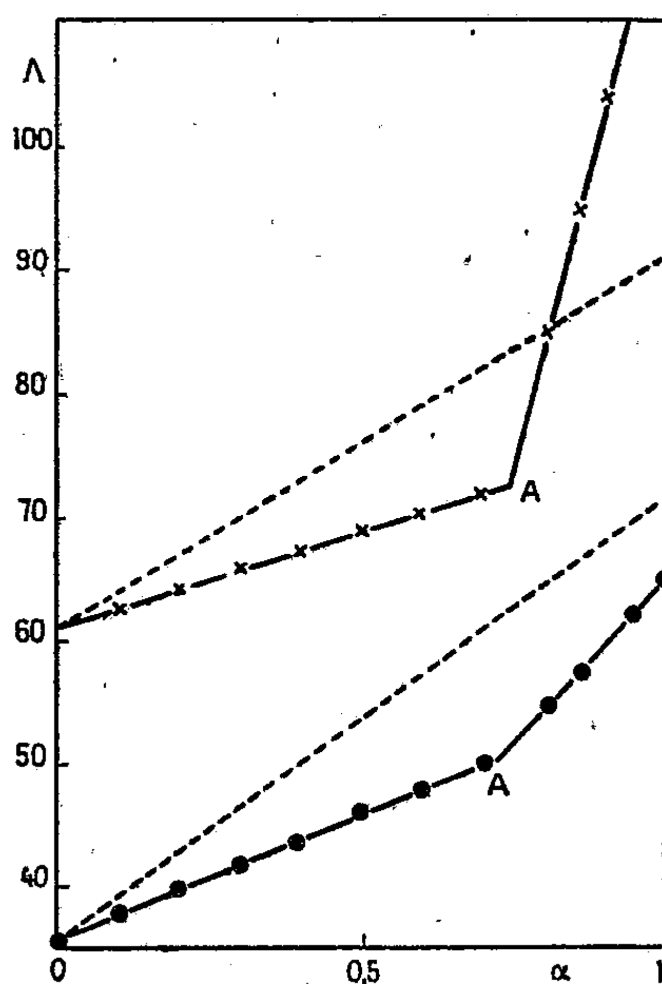
Les constantes ainsi corrigées montrent que les monoacides phosphiniques sont, d'une manière générale, plus forts que les acides phosphoniques correspondants. On sait que l'oxydation de l'acide phosphoreux en acide phosphorique entraîne de même une diminution d'acidité ($PO_3H_3 : pK_1 = 1.10^{-1}$; $PO_4H_3 : pK_1 = 1,0$ à $2,5.10^{-2}$ suivant les auteurs). Le noyau aromatique augmente nettement aussi la deuxième constante de dissociation des acides phosphoniques (acide méthane phosphonique : 7,1; termes suivants : 7,8 à 7,9). L'influence des substituants est assez faible et se traduit par un renforcement d'acidité dans le cas du brome en para, par une diminution d'acidité pour les groupements *méthoxy* et *diméthylamino* non ionisés. Ces deux effets se compensent partiellement chez le méthoxylé-chloré. Dans l'hydroxyphénylméthane phosphinique, la diminution d'acidité qui pourrait résulter de l'éloignement du noyau benzénique est masquée par l'influence acidifiante de l'hydroxyle en α.

Les acides diméthylaminés étant, dans leurs solutions, à l'état d'ions amphotères, lors du titrage par la soude, pK_1 représente la constante de dissociation de l'ion diméthylammonium, ce qui montre que le groupement ionisé phosphinique ou phosphonique [$- P^+H(O^-)_2$ ou $- P^+(OH)(O^-)_2$ en para sur le noyau benzénique] diminue nettement la basicité d'une fonction amine aromatique (diméthylaniline pK = 5,05). Les faibles concentrations utilisées ne nous permettent pas de calculer les premières constantes de dissociation acide à partir de la courbe traduisant le recul d'ionisation sous l'influence de l'acide chlorhydrique.

La comparaison de cet ensemble de résultats, avec ceux que l'on peut relever dans les tables concernant les divers acides carboxyliques, met en relief un renforcement d'acidité pour les acides juxtanucléaires et une influence des groupements fixés sur le noyau presque identiques dans les deux cas.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude conductimétrique de la précipitation du sulfate de cadmium.* Note (*) de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'étude électrométrique de la précipitation des sels de cadmium par la soude [1] m'a montré que le précipité formé n'est ni un sel basique défini, ni l'hydroxyde $Cd(OH)^2$, mais constitue un système dispersé dont le granule $[Cd(OH)^2]_p Cd_q$ ne contient que des ions Cd^{++} et OH^-, le rapport



Précipitation de $SO_4\,Cd_{1-c}$ par Na OH à 18°.
Λ = conductibilité équivalente en mhos-cm.
α = (Na OH) ajouté/c.
⊙ c = 0,2 N (équiv-g-litre).
+ c = 0,02 N (équiv-g-litre).

$n = (p + q)/2p$ variant avec les conditions expérimentales, en particulier avec le temps de contact des réactifs.

Afin de vérifier ces résultats, j'ai déterminé la variation de la conductibilité de solutions de sulfate de cadmium au cours de la précipitation par la soude.

Si la précipitation donnait lieu à la formation de $Cd(OH)^2$ électriquement neutre; la conductibilité devrait être celle d'un mélange SO_4Cd, SO^4Na_2 dans lequel la concentration équivalente des deux sulfates serait respectivement $(1-\alpha)c$ et αc, la concentration équivalente initiale de SO_4Cd étant c et α

(*) Séance du 14 mars 1949.

[1] *Comptes rendus*, 226, 1928, p. 494 et 910; *J. chim. phys.*, 44, 1947, p. 284.

représentant le rapport (NaOH) ajouté/c. On sait que, étant donné les interactions entre les ions, la conductibilité spécifique d'un tel mélange est loin d'être la somme des conductibilités spécifiques des constituants; mais la concentration équivalente totale c étant constante, la conductibilité équivalente Λ du mélange est très sensiblement représentée par :

$$\Lambda = \alpha\Lambda_1 + (1-\alpha)\Lambda_2, \qquad (1)$$

Λ_1 et Λ_2 étant les conductibilités équivalentes des deux sulfates à la concentration c (*fig.* 1, droites en pointillés).

La figure ci-contre représente les résultats expérimentaux pour deux solutions différentes. La fin de la précipitation est mise en évidence par le changement de pente en Λ; elle se produit pour une valeur de α inférieure à 1. La variation de Λ avec α est linéaire, mais moins rapide que ne le voudrait la relation (1); ce qui montre bien que la précipitation ne se fait pas à l'état de $Cd(OH)^2$.

Désignons par n le rapport [(Cd^{++}) combiné/(OH^-) combiné] dans le précipité. Si l'on néglige, en première approximation, la part revenant aux granules du système dispersé, la conductibilité doit être égale à

$$\Lambda = \alpha\Lambda_1 + (1-2n\alpha)\Lambda_2. \qquad (2)$$

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de n calculées par la relation (2) à partir des résultats expérimentaux correspondant à la figure 1.

Précipitation de SO_4Cd, c *(équi-g/l) par* NaOH *à* 18°.

Rapport $n = \frac{(Cd^{++})}{(OH^-)}$ *dans le précipité.*

α.	0,2.	0,3.	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.
$n(c=0{,}02$ N)...	0,615	0,615	0,617	0,617	0,617	0,618
$n(c=0{,}2$ N)...	0,700	0,702	0,707	0,705	0,705	0,705

On voit que la valeur de n est supérieure à 0,5, du même ordre de grandeur que celle déterminée électrométriquement, et constante au cours de la précipitation; ce qui justifie l'hypothèse émise sur la composition du précipité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'iode sur le sulfate d'argent en solution sulfurique.* Note de Mlle **Marie-Louise Josien**, présentée par M. Paul Pascal.

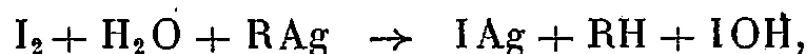
Au cours de travaux antérieurs [1] nous avons ébauché une première étude de l'action de l'iode sur une solution sulfurique de sulfate d'argent.

[1] Josien, *Annales Chim.*, 2e série, 5, 1936, p. 229.

La lecture d'un mémoire de Sapochnikov [2] que nous ignorions jusqu'alors nous a incitée à reprendre notre étude. Cet auteur, en effet, croit pouvoir affirmer que les propriétés oxydantes manifestées par une solution sulfurique de sulfate d'argent dans laquelle on a introduit un cristal d'iode sont dues à la présence d'eau oxygénée. Il y aurait, d'après lui, oxydation de l'eau par l'acide hypoiodeux ou l'hypoiodite d'argent provenant de l'hydrolyse de l'iode.

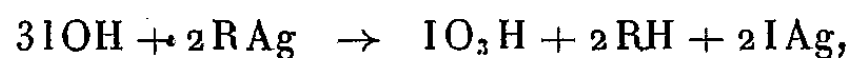
Nous commencerons par discuter les résultats des expériences invoquées par l'auteur en faveur de son hypothèse. Les liqueurs étudiées sont obtenues par l'addition d'un cristal d'iode, préalablement pesé, à une solution sulfurique de sulfate d'argent. Après trituration et filtration, l'iode qui n'a pas réagi et est resté sur filtre, est dosé. Par différence, on calcule l'iode entré en réaction. Sur une série de filtrats ainsi obtenus, trois sortes d'essais sont effectués.

a. Action de l'iodure de potassium. — A une partie aliquote du filtrat, on ajoute un cristal d'iodure de potassium et l'on dose, par l'hyposulfite de sodium, l'iode libéré. Dans ces conditions, l'auteur retrouve une quantité d'iode égale à celle qui est entrée en réaction. Ce résultat, compatible avec la théorie de l'eau oxygénée, n'infirme pas pour autant que le pouvoir oxydant mesuré ne puisse être imputé à un mélange d'acides hypoiodeux et iodique. En effet, si le cas des solutions sulfuriques ne diffère pas de celui des solutions acétiques, on doit avoir, R représentant le radical acide,



$$I_2 + H_2O + RAg \rightarrow IAg + RH + IOH,$$

première étape instantanée, suivie de



$$3IOH + 2RAg \rightarrow IO_3H + 2RH + 2IAg,$$

seconde étape lente.

Or l'auteur effectue l'addition d'iodure de potassium en milieu acide fort. Dans ces conditions, l'acide iodique réagit lui aussi et le pouvoir oxydant total doit demeurer constant et indépendant du temps.

b. Action du permanganate de potassium. — L'auteur ajoute un excès de filtrat à une quantité déterminée de permanganate de potassium. Il observe une décoloration et une libération de gaz dont la quantité, mesurée dans un appareil de Warburg (ordre de grandeur 100γ), correspond à la réaction du permanganate sur l'eau oxygénée. Pas plus que les premières, ces expériences n'entraînent la conviction, car si la réaction des ions IO^- sur le permanganate est bien connue en milieu alcalin, elle est encore mal définie, croyons-nous, en milieu acide. Nous nous proposons de la préciser; mais, dès maintenant, remarquons qu'un mélange d'iode et d'acétate d'argent décolore lui aussi le permanganate.

c. Réaction de Bach. — L'auteur obtient un résultat positif, mais la réaction de Bach n'est pas spécifique. Nous avons pu obtenir une coloration rose avec une solution sulfurique d'iodate de potassium.

Nous rapporterons maintenant le résultat d'une série d'expériences

(2) *Journal of general chemistry* (U.R.S.S.), 7, 1937, p. 2879.

dont le détail paraîtra ailleurs. Nos mélanges, de formule générale $\alpha I_2 + \beta SO_4Ag_2 + \gamma SO_4H_2$, ont été constitués en versant dans un volume connu de solution sulfurique de sulfate d'argent une quantité déterminée et préalablement titrée d'eau d'iode. Dans les différents essais, $\gamma = 10^{-3}$ environ; γ a varié : $0 < \gamma < 1$; quant à β, il a toujours été supérieur à 2α. Ces diverses concentrations sont du même ordre de grandeur que celles citées dans l'article russe.

a. Action de l'iodure de potassium. Si l'on dose des parties aliquotes de ces mélanges par addition d'iodure de potassium, on peut déceler deux pouvoirs oxydants distincts suivants que le cristal d'iodure est ajouté avant ou après neutralisation du milieu par du bicarbonate de sodium. Le pouvoir oxydant en milieu neutre décroît rapidement avec le temps tandis que le pouvoir oxydant en milieu acide reste constant.

b. Action de l'anhydride arsénieux. L'anhydride arsénieux en milieu alcalin permet de tracer des courbes décroissantes de pouvoir oxydant analogues à nos courbes acétiques ([3]).

c. Action du permanganate de potassium. L'addition progressive d'une solution de permanganate N/100 aux filtrats de nos mélanges permet d'observer un virage net. Les quantités de permanganate consommées décroissent elles aussi rapidement avec le temps. Cette action du permanganate ne peut être imputée à de l'eau oxygénée; l'expérience suivante le prouve. Une partie aliquote de filtrat parfaitement clair est additionnée de quelques cristaux de permanganate; cette addition en milieu sulfurique détruit certainement l'eau oxygénée, s'il y en a. Après addition d'une pincée de chlorure de potassium destinée à provoquer la précipitation des ions Ag^{+} en excès, l'échantillon, alcalinisé par de la soude, est porté à l'ébullition en vue de la transformation de l'iode total présent à l'état d'ions IO_3^- ([4]). On retrouve, dans ces conditions, une solution présentant un pouvoir oxydant, vis-à-vis de l'iodure de potassium en milieu acide, égal au pouvoir oxydant d'une partie aliquote non traitée par le permanganate.

Conclusion. — Les faits invoqués par Sapochnikov pour établir la formation d'eau oxygénée ne sont pas probants : l'auteur impute à l'eau oxygénée des propriétés qui sont communes à l'eau oxygénée et aux composés oxygénés de l'iode. D'autre part, l'existence de deux pouvoirs oxydants distincts et, surtout, la persistance du pouvoir oxydant après action du permanganate en milieu sulfurique autorise à conclure que l'action de l'iode sur les solutions sulfuriques de sulfate d'argent est analogue à celle de l'iode sur les solutions acétiques d'acétate d'argent : formation instantanée d'ions IO^- suivis d'une apparition lente d'ions IO_3^-.

(3) Josien, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 15, 1948, p. 301,

(4) Josien, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 842.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates du séléniate d'aluminium.* Note de M. **Henri Collet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le séléniate d'aluminium a été préparé en dissolvant l'hydroxyde d'aluminium dans une solution concentrée d'acide sélénique, en proportions telles que l'acide soit en léger excès. Nous avons alors versé cette solution concentrée et chaude dans un égal volume d'alcool à 95 % bouillant. Par refroidissement la solution laisse déposer des paillettes cristallines de séléniate d'aluminium, tandis que l'excès d'acide sélénique reste en solution alcoolique.

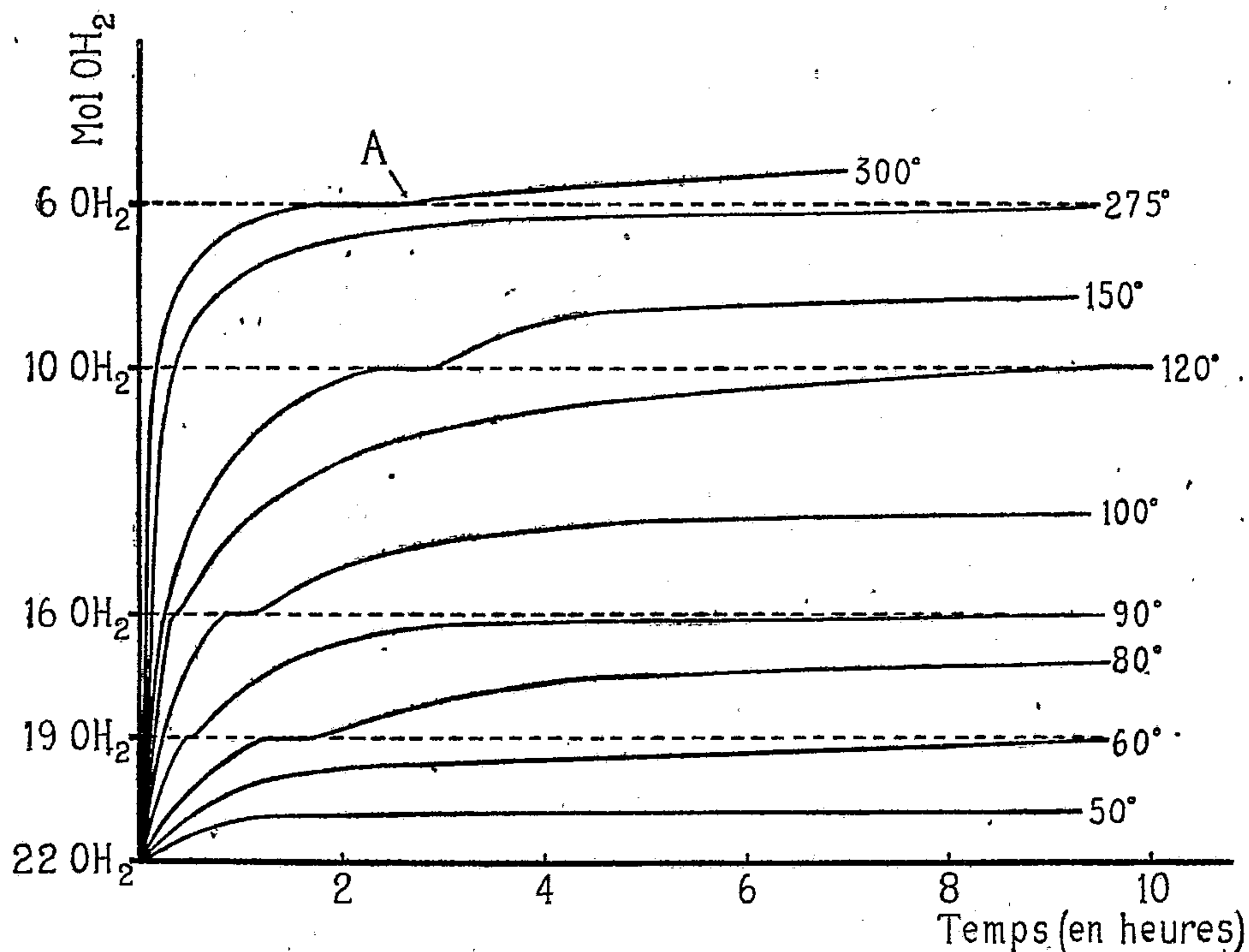
La formule déduite de l'analyse des cristaux essorés et séchés est : $(SeO_4)_3Al_2$, 22 OH_2.

En laissant mûrir plusieurs mois le dépôt cristallin au sein de la solution mère, j'ai pu obtenir des cristaux de 7 à 8^{mm} de longueur. Ce sont des prismes orthorhombiques, de densité $D_{15} = 1,675$, fondant dans leur eau de cristallisation à 66° C.

Leur solubilité dans l'eau est assez élevée :

21^g,26 pour 100^g d'eau à 0° C.
27^g,68 pour 100^g d'eau à 20° C.

L'hydrate à 22 molécules est stable à la température ordinaire.



L'étude de sa déshydratation en fonction de la température a été faite en opérant à température constante dans un courant d'air saturé de vapeur d'eau

à 20° C. La courbe ci-contre représente la déshydratation du séléniate en fonction du temps, à des températures déterminées.

On note des paliers très nets pour les hydrates inférieurs à 19, 16, 10 et 6 molécules d'eau. Au-dessus de 275° C. la déshydratation s'accompagne d'une perte d'anhydride sélénieux résultant de la décomposition de l'ion sélénique (Point A de la figure).

La comparaison du séléniate d'aluminium avec le sulfate montre des différences assez notables.

Krauss et Fricke (1) ont signalé pour le sulfate d'aluminium les hydrates à 27, 18, 16, 10 et 6 molécules d'eau, le sel courant ayant 18 molécules d'eau de cristallisation. L'analogie n'existerait que pour les dérivés les moins hydratés (16, 10 et 6 OH_2) sans que, cependant, les domaines d'existence coïncident.

Le sulfate est plus stable à haute température; il devient anhydre à 340° et ne se décompose qu'à 605°, alors que le séléniate se décompose avant déshydratation complète.

Enfin l'étude des solubilités dans le système ternaire :



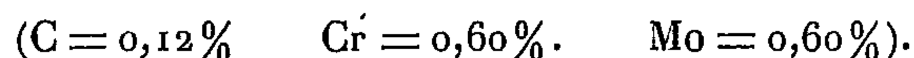
$$OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - (SeO_4)_3Al_2$$

à 0° et 20° C., montre, pour ces deux températures, une isotherme à deux branches correspondant aux deux hydrates : $(SO_4)_3Al_2, 18\,OH_2$ et $(SeO_4)_3Al_2, 22\,OH_2$. Il n'y a pas de cristaux mixtes entre ces deux sels qui cristallisent dans deux systèmes différents (l'hydrate à 18 molécules d'eau du sulfate d'aluminium cristallise dans le système monoclinique) avec un degré d'hydratation également différent.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude des relations entre la structure micrographique de l'acier et sa vitesse de fluage.* Note (*) de MM. **Georges Delbart** et **Michel Ravery**, présentée par M. Albert Portevin.

La résistance au fluage d'un acier dépend notamment de sa composition chimique et de sa structure micrographique.

La présente Note a pour objet de montrer l'influence, prépondérante aux basses températures, de la forme sous laquelle se trouve la ferrite. L'étude concerne un acier au chrome-molybdène à basse teneur en carbone



$$(C = 0{,}12\% \quad Cr = 0{,}60\%. \quad Mo = 0{,}60\%).$$

On a opéré cinq traitements après austénisation à 900°, de manière à obtenir

(1) *Z. Anorg. Chem.*, 166, 1927, p. 170.

(*) Séance du 7 mars 1949.

les structures suivantes : perlite-ferrite en grains ; bainite-ferrite en grains ; sorbite-ferrite en grains ; bainite ; sorbite.

Les mêmes traitements ont été opérés après austénisation à 1200°, de façon à avoir un grain austénitique plus gros et des produits de décomposition de cette austénite également plus gros.

Dans les traitements isothermes du domaine Ar′ ou dans les traitements comportant une traversée lente du domaine Ar′, on a obtenu un grain de ferrite aux contours bien marqués. Au contraire, dans les traitements impliquant un passage rapide dans Ar′ (trempe à l'eau, trempe isotherme dans Ar″), la ferrite n'est plus en grains, mais sert de matrice (structure sorbitique) ou de constituant d'un agrégat (structure bainitique), ou bien se présente sous la forme aciculaire.

Dans une première série d'essais, on appliqua aux éprouvettes les charges qui, pour chaque température, correspondaient à peu près à la vitesse de fluage 5.10^{-4} %/heure entre la 25e et la 35e heure pour l'acier traité suivant la méthode pratiquée dans l'industrie (recuit à 900°, refroidissement à l'air, revenu à 675°, refroidissement à l'air), donnant une structure formée surtout de bainite et de ferrite en grains.

Les structures étudiées sont parfois mixtes; c'est le cas notamment de la structure industrielle qui contient, outre la ferrite en grains et la bainite, un peu de sorbite et dont la bainite, par ailleurs, diffère notablement de la bainite de la struture de surchauffe : ferrite en grains + bainite.

A 450°, les vitesses de fluage obtenues s'échelonnent entre 0,5 et 74.10^{-4} %/heure, pour une charge de 24 kg/mm². Deux conclusions se dégagent des essais :

1° Les structures contenant de la ferrite en grains fluent plus vite que les structures à ferrite non granulaire.

2° Pour deux structures identiques, mais obtenues à partir de températures d'austénisation différentes, la plus forte vitesse de fluage correspond à la température d'austénisation la plus faible, c'est-à-dire au grain le plus petit.

A 475 et 500°, la classification des structures dans l'ordre des vitesses de fluage décroissantes est très sensiblement identique à la classification obtenue à 450°.

Entre 525 et 550°, zone de transition, il se produit un reclassement progressif des différentes structures. La présence de sorbite semble devenir un caractère défavorable; au contraire, la résistance des structures ferrite-perlite s'améliore par rapport à celle des autres structures.

A 575°, cette tendance s'affirme : la présence de ferrite granulaire s'accompagne d'une bonne résistance, même légèrement supérieure à celle de la bainite homogène qui conserve une bonne place dans la classification. Le gros grain améliore encore la résistance ; mais alors qu'aux basses températures, la dimension du grain ne joue qu'un rôle secondaire, elle devient à 575° le facteur

prépondérant de la résistance au fluage. Toutes les structures à gros grains, dont les limites sont nettement apparentes, fluent beaucoup moins vite que les structures à grains fins (la seule exception est une structure de trempe à l'eau, après surchauffe, dans laquelle les limites de grains austénitiques ou ferritiques sont difficilement décelables).

A 575°, les vitesses de fluage sont plus groupées et sont comprises entre 1,2 et 27.10^{-4} %/heure, la charge étant de 7 kg/mm².

En résumé, les faits suivants sont mis en évidence :

1° Dans l'ordre des vitesses de fluage décroissantes, les structures se classent ainsi :

a. aux basses températures : ferrite-perlite, ferrite-bainite, ferrite-sorbite, sorbite, bainite.

Une structure bainitique, juxtaposée à des grains de ferrite nettement limités, a donné des vitesses de fluage très grandes ; la bainite n'est donc pas obligatoirement le facteur prépondérant de la résistance au fluage ;

b. aux températures élevées, contrairement à ce qui est observé aux basses températures, la ferrite en grains donne les vitesses de fluage les plus basses et la sorbite les vitesses de fluage les plus élevées. La bainite pure continue à présenter une bonne résistance, et ses vitesses de fluage sont du même ordre de grandeur que celles de la ferrite-perlite ;

2° La surchauffe joue un rôle très favorable dans tous les cas, que le grain soit apparent ou non. Mais, tandis qu'aux basses températures, la surchauffe n'a qu'un rôle de second ordre, aux températures élevées, toutes les faibles vitesses de fluage sont dues à des structures de surchauffe.

Des essais actuellement en cours, semblent montrer que la classification des structures peut être quelque peu modifiée quand on adopte une charge d'essai différente.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur une méthode de haute sensibilité pour la détection micrographique des traces de déformations plastiques dans les alliages riches en cuivre.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Albert Portevin.

A la suite de nos premières observations sur la mise en évidence des lignes de glissement dans la *masse* d'une éprouvette soumise à de faibles déformations ([1]), plusieurs auteurs ont observé le même phénomène avec les alliages cuivreux, laitons et cupro-aluminium principalement. Ainsi McLean ([2]), puis

([1]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 790 ; *Revue de Métallurgie*, **42**, 1945, p. 133.
([2]) *J. Institute of Metals*, (2), **74**, 1947, p. 95.

Burke et Barrett (³), Maddin, Hibbard et leurs collaborateurs (³) étudient les stries qui apparaissent par attaque, avec les réactifs classiques (ammoniaque et eau oxygénée, chlorure cupro-ammoniacal, etc.), de la surface d'une éprouvette polie électrolytiquement après abrasion, traction ou laminage. Ces auteurs remarquent que, d'une manière générale, les stries sont orientées dans les directions des lignes de glissement, mais dans le cas des faibles déformations, elles sont peu nettes, invisibles dans certains grains et elles ne semblent plus pouvoir être révélées lorsque les lignes de glissement ont été complètement effacées par un polissage électrolytique prolongé (⁴).

Nos observations tendent à prouver que ces expériences sont faussées par le manque de sensibilité des réactifs employés.

En appliquant à l'attaque des surfaces polies une modification de la méthode électrolytique préconisée pour la mise en évidence des grains des alliages cuivreux (⁵), nous avons réussi à obtenir la corrosion sélective des zones localement perturbées au voisinage des joints et à l'intérieur des cristaux de laiton et de cupro-aluminium soumis à des déformations extrêmement minimes. Précisons, d'ailleurs, que l'attaque dite en court-circuit, qui réussit bien dans le cas du cuivre pur, est peu sensible avec ses alliages.

Le spécimen préalablement poli électrolytiquement dans l'acide phosphorique (⁶) constitue le pôle positif d'une cellule contenant une solution très diluée (0,05 à 0,5 %) d'hyposulfite de sodium, le pôle négatif étant une lame de cuivre ou de platine. Les résultats dépendent beaucoup de la densité de courant sur l'anode et de la durée de l'électrolyse. Aux faibles intensités (0,1 à 1 A/dm^2) et pendant des temps compris entre 30 et 250 secondes, les joints de grains sont révélés et les cristaux se recouvrent d'un film de sulfure qui peut présenter des colorations variées, fonction de l'orientation cristallographique. Dans ces conditions apparaissent aussi les structures d'écrouissage si le spécimen a subi une déformation suffisante. Cependant, pour localiser les traces de glissement il est préférable de soumettre l'alliage à une densité de courant plus élevée (3 à 3,5 A/dm^2) pendant des temps courts, dépassant rarement 30 secondes. Alors la formation du film sulfuré est accompagnée d'une attaque sélective, légère mais très nette, à la fois des joints de grains et des zones à structure perturbée. Il peut aussi être intéressant d'exécuter successivement deux attaques, la première à forte et la seconde à faible densité de courant, séparées par une immer-

---

(³) *Metals Technology*, février 1948.

(⁴) W. R. Hibbard Jr, *Metals Technology*, août 1948.

(⁵) Cité par H. E. Brown dans une discussion sur le polissage électrolytique (*Iron Age*, 146, 26 déc. 1940, p. 23).

(⁶) P. Jacquet, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1473; *Bull. Soc. Chim. France*, 5ᵉ sér., 3, 1936, p. 705.

sion de 2 à 5 secondes dans l'acide chlorhydrique concentré, destinée à dissoudre le film de sulfure.

Pour réussir, la méthode demande certaines précautions : propreté absolue de la surface polie, limpidité de la solution d'hyposulfite qui doit être préparée juste au moment de l'emploi. Une légère agitation de l'anode en cours de l'électrolyse est recommandée, ainsi que l'observation visuelle de la surface avec un éclairage adéquat, afin d'arrêter le passage du courant au moment où l'intensité de l'attaque, révélée par la teinte du film sulfuré, semble satisfaisante.

Cette technique est si sensible qu'elle nous a permis de découvrir sur une surface des lignes de glissement invisibles à l'observation directe sous tous les grossissements. Nous l'avons appliquée avec succès à l'étude systématique des perturbations structurales par pliage inférieur à 5° ou abrasion des tôles de laiton et de cupro-aluminium recuites. Parmi les résultats nouveaux obtenus, dont le détail sera publié ultérieurement, signalons l'hétérogénéité de la déformation plastique des deux alliages et la formation de macles mécaniques dans un cupro-aluminium. Nous avons trouvé en particulier que les perturbations structurales provoquées par une abrasion même légère, s'étendent fort loin sous la surface de ces alliages, de telle sorte que les défauts de structure de la solution solide cuivre-zinc mis en évidence par Barrett ([7]) au moyen d'une méthode radiométallographique ne sont pas, comme cet auteur le pensait, inhérents à la solution solide, mais résultent de la préparation mécanique du spécimen.

Ces premières observations montrent que la méthode proposée est susceptible de contribuer à l'étude expérimentale de la déformation plastique des alliages riches en cuivre et du mécanisme du phénomène de corrosion sous tension auquel ces alliages sont particulièrement sensibles.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Calcul approché des énergies et des indices de liaison par la méthode des états de spin.* Note (*) de M. **Claude Vroelant**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il a été donné dans le cadre de la méthode des états de spin ([1]) une solution approchée du système d'équations intervenant dans cette méthode.

Il nous paraît utile de définir quels sont les procédés, en dehors de la résolution directe, qui permettent d'améliorer cette solution approchée.

([7]) *Metals Technology*, avril 1945.

(*) Séance du 28 février 1949.

([1]) C. Vroelant et R. Daudel, *Bull. Soc. chim.*, 1949, p. 36-45.

Le système proposé est

$$
(\mathrm{I})\quad \left\{
\begin{aligned}
& q=\sum_i x_i,\\
& x_i=\frac{1+\sum\limits_{j\neq i,\, i+\alpha} x_{ij}}{q+\nu_i},\\
& x_{ij}=\frac{x_i+x_j+\sum\limits_{\substack{k\neq i,\, i+\alpha\\ j,\, j+\beta}} x_{ijk}}{q+\nu_{ij}},\\
& \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}
\right.
$$

Pour les notations, se référer à l'article [1].
Le système que l'on sait résoudre est

$$
(\mathrm{II})\quad \left\{
\begin{aligned}
& q=\sum_i x_i,\\
& x_i=\frac{1+\sum\limits_{j\neq i} x_{ij}}{q+\nu_i},\\
& x_{ij}=\frac{x_i+x_j+\sum\limits_{k\neq i,\, j} x_{ij}}{q+(\nu_i+\nu_j)},\\
& \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,
\end{aligned}
\right.
$$

dont les solutions sont $x_{ijk}=x_i x_j x_k$, et x_i est racine de $x_i^2-\nu_i x_i=1$.

On voit que les deux systèmes diffèrent par le nombre des équations [(II) ayant un plus grand nombre d'équations que (I), en raison des restrictions supplémentaires $j\neq i+\alpha$, $k\neq i+\alpha, j+\beta$, ...] mais nous pouvons y remédier en posant $x_{ij}=0$ (ou $\nu_{ij}=\infty$) si $j=i+\alpha$ dans (I). De plus ces deux systèmes diffèrent par le nombre de termes.

On peut faire une correction tenant compte de ces termes supplémentaires de deux façons distinctes :

1° En opérant sur ces deux matrices un calcul de perturbation.

2° En opérant un ou plusieurs stades de la méthode de résolution par approximations successives décrite dans l'article [1].

Ces méthodes, surtout si on se limite au premier ordre, ne donneront pas une excellente approximation. Ceci est du fait que, si les solutions de (II) sont de bonnes solutions pour q et x_i, il s'avère, en comparant les résultats à ceux fournis par le calcul exact (en particulier du naphtalène), que ces solutions sont de mauvaises approximations pour les x_{ij}, x_{ijk}, ...

Nous avons été alors amené à choisir les solutions du type

$$x_{ijk\ldots}=K_{ij}K_{jk}K_{ki}x_i x_j x_k,$$

où

$$K_{ij} = \frac{\nu_i + \nu_j}{\nu_{ij}} = 1,$$

si (i) et (j) sont deux liaisons lointaines;

$$K_{ij} = \frac{\nu_i + \nu_j}{\nu_i + \nu_j - 2},$$

si (i) et (j) sont séparées par une seule liaison;

$$K_{ij} = 0,$$

si (i) et (j) sont voisines, et où x_i est toujours solution de $x_i^2 - \nu_i x_i - 1 = 0$.

Dans ces conditions, nous avons la même expression pour q, donc pour les indices de liaison, que dans l'approximation précédente; mais nous pouvons partir de cette nouvelle solution pour écrire la correction d'énergie du système au premier ordre, soit par perturbation, soit par un stade de résolution approchée.

En particulier, l'application de la perturbation au cas des cycles conduit à la correction sur l'énergie :

$$\delta W = (x_{135} + x_{246})(x_{13} + x_{35} + x_{51} + x_{24} + x_{46} + x_{62}),$$

les liaisons du cycle étant numérotées de 1 à 6.

Dans tous les cas on obtient l'indice de liaison par dérivation de l'énergie.

Enfin signalons que la méthode des états de spin peut nous conduire à une autre méthode de résolution approchée, car connaissant deux molécules et leurs états les moins excités, nous pourrons appliquer la méthode à la molécule formée de la juxtaposition de ces deux molécules; nous étudierons ainsi la résonance due à cette juxtaposition, ce qui était impossible en mésomérie où l'on négligeait les états de spin total 1, 2, ... qui constituent justement les états les moins excités après l'état fondamental.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des magnésiens sur deux dichlorures allyliques.* Note (*) de M. **Henri Pourrat**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la réaction des organomagnésiens sur les polyhalogénures du type allylique est un phénomène assez complexe. Kirrmann a montré [1] [2] que la réaction de double échange était accompagnée de deux phénomènes, la transposition allylique d'une part, l'échange fonctionnel de l'autre.

Nous avons repris ces expériences sur deux dichlorures $CH_2{=}CH{-}CHCl_2$ (I) et $CHCl{=}CH{-}CH_2Cl$ (II) en faisant varier la nature du magnésien RMgBr

(*) Séance du 7 mars 1949.

(1) Kirrmann et Grard, *Bull. Soc. Chim.*, 47, 1930, p. 834.

(2) Kirrmann et Jacob, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1940, p. 586.

(R étant le groupe méthyle, isopropyle ou butyle) et en établissant un bilan approché des produits formés.

On observe comme d'habitude le chlorure normal $R—CH_2—CH=CHCl$, puis des hydrocarbures que représente la formule générale A_nR_2 où A est le groupe $CH_2—CH—CH$, provenant du dichlorure ACl_2. Dans ce groupe A, deux positions de la double liaison sont possibles, ce qui entraîne l'existence d'isomères. Pour $n=1$ on a ainsi le composé linéaire $R—CH_2—CH=CH—R$ et son isomère ramifié $CH_2=CH—CHR_2$. Ils sont séparables par distillation dans les cas favorables, et pour R = butyle, nous avons pu déterminer leur structure par oxydation permanganique. Les carbures A_2R_2 ont également été mis en évidence, mais leurs trois isomères n'ont pas été séparés. Une oxydation permanganique a permis d'affirmer l'existence du carbure $C_5H_{11}—CH=CH—CH=CH—C_5H_{11}$ dans le cas de $R=C_4H_9$. Enfin, le résidu paraît contenir surtout les dérivés A_nR_2 avec $n>2$. Les chlorures supérieurs, de type $CHCl=CH—CH_2(CH_2—CH—CH)_nR$ ne semblent pas se former en quantité appréciable.

L'échange fonctionnel, exigé par l'ensemble des produits formés, devrait conduire au chlorure RCl. Il est curieux de constater qu'à part un seul cas ([3]), aucun des auteurs qui admettent l'échange fonctionnel ([4]) n'a réellement isolé cet halogénure RX. Nous-même, malgré une recherche attentive, n'avons jamais pu le mettre en évidence. A sa place, nous trouvons des produits de transformation tels que R—R et R—H. Un essai à blanc a montré que le carbure R—R ne provenait pas de la formation du magnésien, mais de son action sur les dihalogénures.

Voici, résumés en un tableau, les principaux résultats de l'action de deux molécules de magnésien sur une molécule des dichlorures (I) et (II).

	Quantités en mol/g pour					
	$R=C_4H_9$.		$R=C_3H_7$.		$R=CH_3$.	
Produit formé.	II.	I.	II.	I.	II.	I.
a. R—H	0,40	0,40	0,37	0,37	0,07	0,07
b. R—R	0,16	0,15	0,02	0,02	0,24	0,24
c. $R—CH_2—CH=CHCl$	0,02	0,02	0,25	0,30	0,40	0,31
d. $R—CH_2—CH=CH—R$	0,18	0,33	0,25 (d + e)	0,21 (d + e)	0,10 (d + e)	0,10 (d + e)
e. $(CH_2=CH—CH)R_2$	0,35	0,15				
f. $(CH_2—CH—CH)^2R_2$	0,08	0,08	0,10	0,10	0,055	0,11
g. Carbures supérieurs	0,065	0,055	0,08	0,04	0,04	0,04
Total A	0,97	0,88	1,02	0,87	0,88	0,79
Total R	2,09	1,95	1,52	1,41	1,34	1,36

([3]) Prévost, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 617.

([4]) Urion, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1244; Vavon, Chaminade et Quesnel, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 850.

Dans ce tableau, les carbures supérieurs sont comptés comme s'ils possédaient la composition moyenne A_4R_2. On peut ainsi calculer le rendement total par rapport aux chlorures ACl_2, par la somme

$$\text{total A} = c + d + e + 2f + 4g,$$

et le rendement par rapport au magnésien par la somme

$$\text{total R} = a + 2b + c + 2(d + e + f + g).$$

Ces résultats nous permettent plusieurs observations :

1° L'hydrocarbure gazeux R—H se forme toujours en quantité abondante. Il est accompagné du carbure éthylénique correspondant;

2° Le carbure par doublement R—R n'est négligeable que pour le radical secondaire isopropyle;

3° Le rendement en chlorure RACl diminue quand la masse de R augmente; il passe de 40 % à une valeur négligeable depuis le méthyle jusqu'au butyle;

4° Le rendement en carbure AR_2 augmente avec la masse de R et peut dépasser 50 % avec le groupe butyle. Dans ce dernier cas, celui des deux isomères qui domine correspond au dichlorure de la structure inverse. Ainsi, le chlorure (II), $CHCl{=}CH{-}CH_2Cl$ forme surtout le dérivé $CH_2{=}CH{-}CH(C_4H_9)_2$;

5° Le rendement en hydrocarbures A_2R_2 varie assez peu, et les produits encore plus condensés existent toujours en quantité sensible;

6° Le groupe isopropyle entraîne une diminution de rendement en hydrocarbure AR_2;

7° Les chiffres indiqués dans le tableau correspondent à la réaction effectuée avec $FeCl_3$, dont Vavon [5] a montré l'influence. En l'absence de ce catalyseur, la réaction exige un chauffage prolongé au lieu de se déclencher spontanément, mais la proportion des produits n'est que légèrement modifiée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'estérification du mannitol par le chlorure de lauryle en milieu pyridique*. Note de M. **Charles Paquot** et Mlle **Geneviève Nicoud**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Différents essais d'estérification du mannitol par le chlorure de lauryle en milieu pyridique nous ont montré que, quelles que soient les quantités de réactifs en présence, on obtenait toujours des mélanges d'esters plus ou moins substitués, sauf dans le cas d'un fort excès de chlorure de lauryle où l'on obtient l'hexaester de mannitol.

Par exemple, si l'on fait réagir les quantités stœchiométriques de chlorure de lauryle et de mannitol correspondant au monolaurate, on obtient un premier groupe d'esters insolubles dans l'eau, dont les indices de saponification et d'hydroxyle, pris sur le produit brut, sont respectivement : I_S : 276; I_{OH} : 54; et un deuxième groupe d'esters solubles dans l'eau, dont les indices pris sur le

(5) Vavon et Mottez, *Comptes rendus*, 218, 1934, p. 557.

produit brut sont : I_S : 17; I_{OH} : 1670. Les indices théoriques du monolaurate étant : I_S : 154; I_{OH} : 769, il est évident que nous n'avons pas ce monolaurate à l'état pur, pas plus d'ailleurs qu'un autre ester. Si l'on compare les indices théoriques des divers laurates de mannitol aux indices trouvés expérimentalement, on constate que le produit insoluble dans l'eau est formé d'esters très substitués, et le produit soluble, d'esters très peu substitués mélangés à du mannitol n'ayant pas réagi.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que l'estérification se déroule en milieu hétérogène. En effet la pyridine ne dissout que : 0, 14 % de mannitol à la température ambiante. Lorsqu'on ajoute peu à peu le chlorure d'acide à la solution pyridique, celui-ci se dissout immédiatemment, et malgré une agitation énergique, il ne rencontre que fort peu de mannitol dissous. En conséquence, il se forme surtout des esters très substitués, même si les quantités d'hexitol et de chlorure d'acide avaient été calculées pour donner un ester peu substitué. Dans ce dernier cas, et tout à la fin de l'addition du chlorure d'acide, on se trouve au contraire en présence d'une quantité de mannitol dissous suffisante pour conduire à des esters peu substitués. Il y a donc une très mauvaise répartition des molécules de chlorure d'acide par rapport aux molécules de mannitol. En pratique, le rendement en chlorure d'acide fixé est toujours très bon, alors que le rendement en mannitol estérifié est toujours mauvais.

Quand on fait réagir les quantités stœchiométriques correspondant à l'hexalaurate de mannitol, on obtient un produit dont l'indice d'hydroxyle est égal à 49. Pour obtenir l'hexalaurate (indice d'hydroxyle nul), il faut ajouter à ce produit, un excès de 100 % de chlorure d'acide sur la quantité qui serait juste nécessaire pour faire tomber l'indice de 49 à 0. L'indice d'hydroxyle théorique du pentalaurate de mannitol étant de 51, c'est donc la dernière fonction hydroxyle qui est difficile à estérifier, ce qui se comprend étant données les conditions stériques.

Le pentalaurate isolé dans ces conditions et cristallisé dans le dioxane a pour indices : I_S : 255 (théor. 256), I_{OH} : 49 (théor. 51). Son point de fusion est de 30-31° C. Après fusion et solidification, il se présente sous la forme d'une cire blanche. L'hexalaurate a le même aspect. Préparé par la méthode précédente et cristallisé dans le dioxane, ses indices sont : I_S : 265 (théor. 263), I_{OH} : 0. Il fond à 38-39° C.

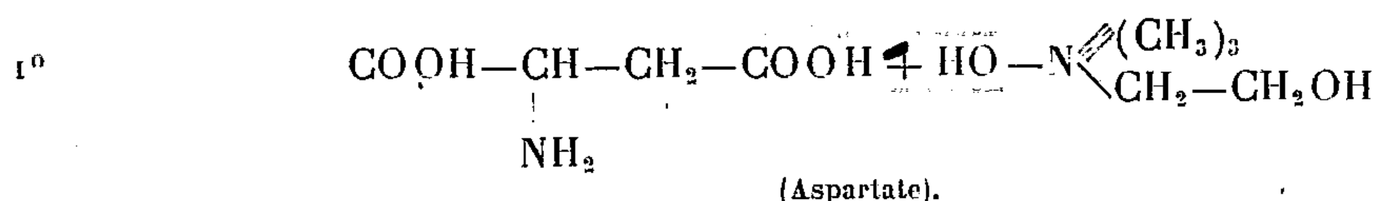
En conclusion la méthode d'estérification des alcools par les chlorures d'acide en milieu pyridique ne donne que des mélanges mal définis d'esters, dans le cas du mannitol et du chlorure de lauryle, sauf pour le pentalaurate et l'hexalaurate, dans les conditions qui viennent d'être précisées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'aspartate et du glutamate de choline.* Note (*) de Mlle **Jeanne Brigando** et M. **Abigaël Carayon-Gentil**, présentée par M. Paul Pascal.

La choline est une base d'ammonium quaternaire; elle peut réagir avec les groupes acides des protéides. C'est ainsi que nous avons préparé des solutions de caséinate de choline. Or, l'aptitude des protéides à se combiner aux bases est due surtout à la présence de carboxyles libres provenant des acides aspartique et glutamique dont le taux peut être très élevé (22 % d'acide glutamique dans la caséine). Ces acides, constituants normaux de la matière vivante, jouent un rôle physiologique essentiel au cours du métabolisme des aminoacides. Il nous a paru intéressant de poursuivre l'étude des sels de choline avec les acides aspartique et glutamique ([1]).

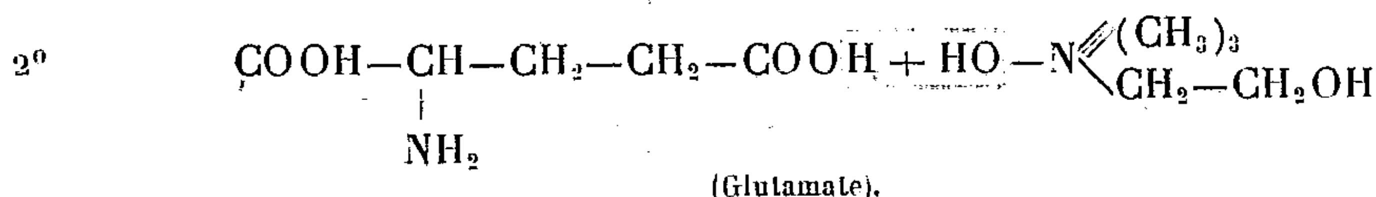
Ces dernières substances, très peu ionisées dans l'eau, ont une fonction acide facilement salifiable par la choline.

1°



(Aspartate).

2°



(Glutamate).

La salification a été suivie à l'aide d'une électrode de verre. Les courbes ci-après donnent les variations du pH d'une solution d'acide M/100 en fonction de la quantité de solution de choline 1,66 M ajoutée ($t = 20°$C.). La première fonction carboxyle est neutralisée par une molécule de choline dont le pH est compris entre 5,50 et 7,50 pour l'acide aspartique, entre 5,75 et 7,00 pour l'acide glutamique.

La première constante de dissociation a pour valeur, d'après le graphique

$K_1 = 1{,}6 . 10^{-4}$ pour l'acide aspartique,

$K_1 = 7 . 10^{-5}$ pour l'acide glutamique.

Ces données sont du même ordre de grandeur que celles trouvées par Glastone par conductibilité, en se servant de soude comme réactif ($t = 25°$C.).

Nous préparons ces sels dans les zones de pH indiquées, en milieu aussi concentré que possible et en proportions moléculaires.

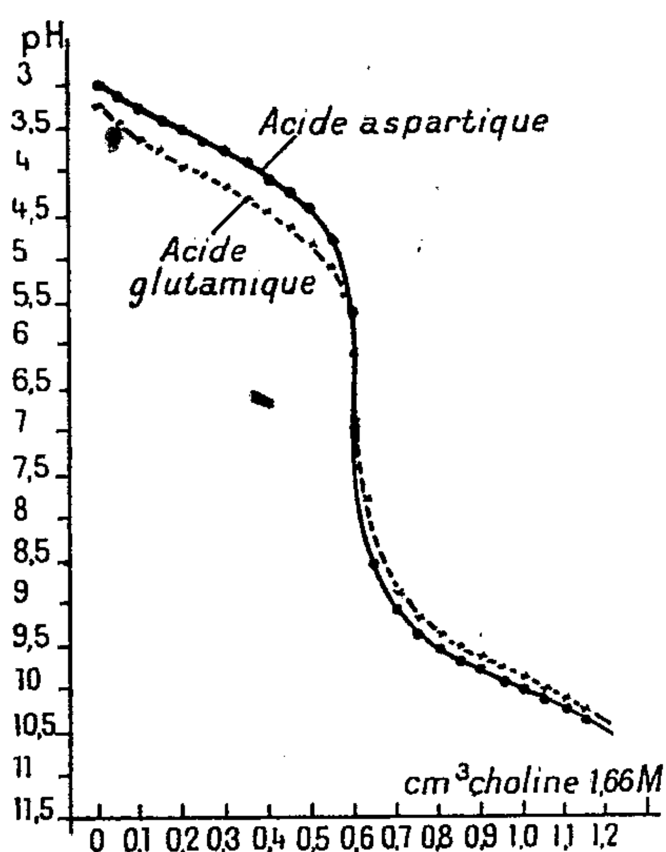
(*) Séance du 7 mars 1949.

([1]) Les acides aminés utilisés sont l'acide *l*-aspartique, l'acide *dl*-aspartique et l'acide *d*-glutamique.

La choline est obtenue en faisant agir l'oxyde d'argent humide récent sur une solution de son chlorhydrate; cette base, à la concentration M à 2 M, est ajoutée lentement aux acides aminés en poudre, malaxés dans un mortier. Les solutions filtrées sont évaporées sous vide en présence de P_2O_5; le sirop jaune clair aussi concentré que possible est additionné d'un excès d'éthanol anhydre. Des fractions plus acides sont précipitées en petite quantité (environ 5 % du rendement total); leur étude est en cours. Après centrifugation, la solution alcoolique est évaporée dans le vide à 40°C., jusqu'à consistance sirupeuse; sous vide phosphorique le sirop se prend lentement en masse.

Afin d'obtenir directement le sel de choline non souillé par des fractions acides, il a été effectué une préparation d'aspartate dans l'alcool absolu.

D'autre part, en ajoutant à la solution éthylique concentrée un excès d'oxyde d'éthyle,



Addition de choline 1,66 M à des solutions M/100 d'acide.

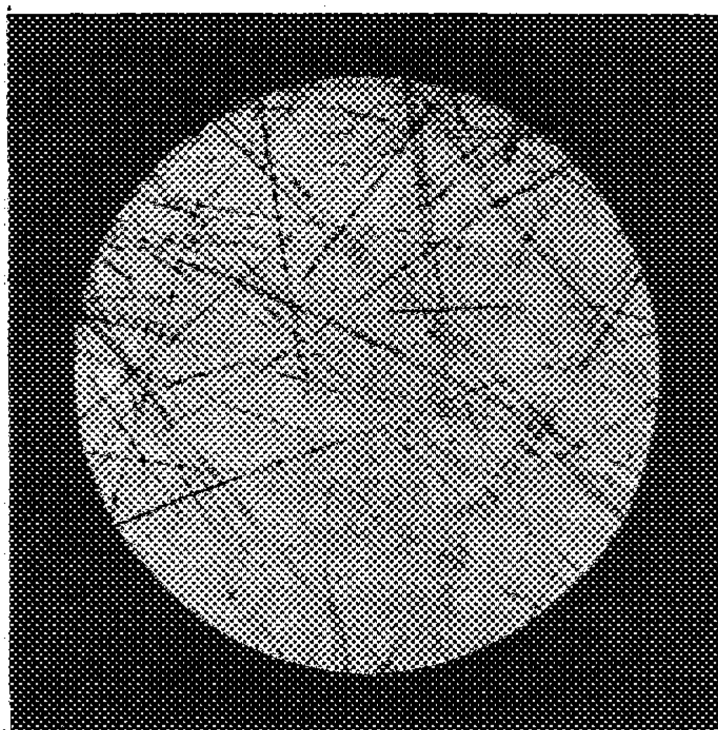
le sel de choline précipite sous forme d'un produit visqueux, qui est ensuite concentré sous vide.

Les sels obtenus par ces différentes méthodes sont identiques. Ce sont des substances jaune clair, très hygroscopiques, d'examen difficile au microscope et aux rayons X. Très solubles dans l'eau, le méthanol, l'éthanol, légèrement dans l'acétone, le chloroforme, l'alcool isoamylique, pratiquement insolubles dans le benzène, l'oxyde et l'acétate d'éthyle, ils fondent à 105°C. sans décomposition. La réaction de Florence, spécifique de la choline, est fortement positive. Le dosage de choline par les méthodes des periodures et des reineckates correspond aux valeurs théoriques.

La cryoscopie de l'aspartate de choline dans l'eau a donné 120 comme poids moléculaire apparent. D'après le dosage de choline, on trouve 236, valeur sensiblement double. Ce résultat témoigne de la dissociation en deux ions et confirme le poids moléculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouveau précurseur de la vitamine* D_3. Note (*) de MM. Léon Velluz et Gaston Amiard, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans les Notes précédentes ([1]), ([2]), ([3]) nous avons prévu et annoncé l'existence d'un nouveau précurseur de la vitamine D_2. Le fait devait entraîner quelques conséquences imprévues pour la chimie de cette vitamine. En effet, l'idée d'une part ([1]), la séparation ensuite ([2]) d'une substance capable de donner naissance au calciférol par un léger chauffage, sans l'apport d'énergie lumineuse, allait à l'encontre de la théorie partout admise, celle d'une genèse



Dinitrobenzoate de précalciférol 3.

exclusivement photochimique du calciférol. D'autre part, la démonstration ([3]) d'un équilibre précalciférol-calciférol révélait une mobilité de structures assez exceptionnelle en chimie organique et susceptible d'intéresser la biologie.

En poursuivant nos recherches, nous arrivons aux mêmes résultats pour la vitamine D_3. Déjà Windaus avait obtenu la preuve d'une grande similitude des transformations de l'ergostérol et du 7-déhydrocholestérol par irradiation ultraviolette, jusqu'à désigner sous les mêmes noms les substances intermédiaires issues de cette irradiation. Un tel parallélisme se retrouve dans les faits qui vont être rapportés ([4]).

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) L. Velluz, A. Petit et G. Amiard, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 1115.

([2]) L. Velluz et G. Amiard, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 692.

([3]) *Ibid.*, 228, 1949, p. 853.

([4]) L'usage s'est, en effet, établi de désigner les intermédiaires photochimiques des vitamines D_2 et D_3 par : lumistérol 2, tachystérol 2, etc. ou lumistérol 3, tachystérol 3, etc.

I. Après avoir irradié le 7-déhydrocholestérol dans les conditions déjà décrites ([2]), la solution méthanolique de résine privée de l'excès de 7-déhydrocholestérol est distillée à sec, à 20-25°. Le résidu est soumis à l'estérification usuelle, à 15°, par du chlorure de dinitro-3.5 benzoyle. Le mélange brut d'esters dissous dans la ligroïne est enfin fractionné par chromatographie.

C'est la fraction la moins fortement adsorbée qui fournit le dinitrobenzoate de précalciférol 3 pur, avec un rendement d'environ 50 % par rapport à la résine. Par cristallisation en méthyl-éthylcétone-alcool, la nouvelle substance forme uniquement des aiguilles filiformes, jaune pâle, F 110-111°, $(\alpha)_D^{18} = +38°,5$ (C_6H_6), $+52°$($CHCl_3$), tandis que le dinitrobenzoate de vitamine D_3 est dimorphe : lamelles souvent groupées en rosaces, F 142°, $(\alpha)_D^{20} = +62°$(C_6H_6), $+97°$($CHCl_3$), ou très fines et courtes aiguilles, F 150°, $(\alpha)_D^{20} = +97°$($CHCl_3$). En benzène-alcool, le dinitrobenzoate de vitamine D_3 retient plus d'une molécule de benzène alors que le dinitrobenzoate de précalciférol 3 cristallise sans solvant.

Le dinitrobenzoate de précalciférol 3 est isomère du dinitrobenzoate de vitamine D_3.

Analyse : $C_{34}H_{46}O_6N_2$. — Calculé % C 70,55; H 8,0; N 4,8; M. 579; Trouvé % C 70,5; H 7,85; N 4,9; M. 555.

La saponification à 10-15° conduit au précalciférol 3. Nous n'avons pas encore réussi à obtenir ce corps sous forme cristallisée. Son pouvoir rotatoire spécifique pour la raie D est voisin de $+40°$(C_6H_6).

II. Le pouvoir rotatoire du dinitrobenzoate de précalciférol 3 est plus faible que celui du dinitrobenzoate de vitamine D_3, $(\alpha)_D = +38°,5$ au lieu de $+62°$. Il évolue sous l'influence du chauffage et tend vers une valeur constante voisine de $+58°$. Après traitement, on recueille environ 70 % de dinitrobenzoate de vitamine D_3 pur. Ayant renouvelé cet essai avec le précalciférol 3 libre, nous avons alors obtenu la vitamine D_3 que nous avons séparée sous forme de dinitrobenzoate.

Les transformations précédentes sont réversibles. Si l'on chauffe, à 60° pendant vingt heures et à l'abri de la lumière, une solution benzénique à 4 % de dinitrobenzoate de vitamine D_3, le pouvoir rotatoire diminue de $+62°$ à $+58°$. Par cristallisation et chromatographie on sépare, à côté de 82 % du produit de départ, environ 10 % de dinitrobenzoate de précalciférol 3 caractérisé par sa forme cristalline, son point de fusion et son pouvoir rotatoire.

En bref, nos observations antérieures sur le précalciférol 2 se trouvent confirmées par la présente étude d'un nouveau précurseur de la vitamine D_3.

Ayant appelé précalciférol le précurseur de la vitamine D_2, on peut lui réserver l'indice 2 et retenir pour son similaire le nom de *précalciférol* 3.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Quelques aspects épitaxiques de doubles décompositions salines au cours d'évaporation isotherme sur le mica.* Note de MM. **Raymond Hocart** et **Jean-Claude Monier**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude de la stabilisation de NO_3NH_4 par des impuretés sans ion commun avec lui, nous a conduits à considérer des phénomènes de double décomposition saline à température constante. De ce point de vue nous avons repris divers essais d'épitaxie sur le mica, tout d'abord à 18° C.

1° Au lieu de la méthode classique d'épitaxie utilisant une solution saturée chaude, nous avons adopté le procédé habituellement moins favorable de l'évaporation; il s'est révélé ici, du moins dans le premier stade, parfaitement acceptable. C'est ainsi que l'on obtient parfaitement à température ordinaire sur le clivage du mica de nombreux cristaux de NO_3Na présentant l'accolement classique de la face a^1 (111), celle-ci tronquant le rhomboèdre p(100) subordonné (détermination de ce rhomboèdre faite par pointés micrométriques). Les cristaux non systématiquement orientés sont des rhomboèdres p dépourvus de face a^1. Leurs diagonales présentent toutefois une certaine tendance à l'orientation.

D'autre part, à température ordinaire également, la phase rhomboédrique de NO_3K qui est stable au-dessus de 127°,7 C. et pour laquelle le mica exerce une action de germe (¹), s'obtient ici sans peine en cristaux toujours accolés par a^1 sur le mica et orientés comme NO_3Na; certains de ces rhomboèdres subsistent en faux équilibre tout le temps que dure l'évaporation.

Avec la même solution saturée froide, nous avons obtenu des orientations parfaites de cristaux tabulaires, apparemment dépourvus de biréfringence, dont le contour pseudo hexagonal présente un côté parallèle à [100] du mica muscovite (accolement nouveau). C'est la phase orthorhombique de NO_3K qui possède une maille plane (001) pseudo-hexagonale

$$\frac{[010]}{[100]} = \frac{9,17\ \text{Å}}{5,42\ \text{Å}} = 1,692.$$

La concordance avec les paramètres du mica est satisfaisante [100] = 5,15 Å, [010] = 9,02. Des mesures d'indices de réfraction par immersion ont confirmé d'une part l'individualité du nitrate rhomboédrique et d'autre part celle des cristaux tabulaires orthorhombiques pour lesquels le plan (001) contient les axes $n_g = 1,5064$ et $n_m = 1,5056$ dont l'écart est inférieur à 0,001, d'où la pseudo isotropie.

2° En nous aidant des faits signalés ci-dessus, nous avons repris l'expérience de E. Rengade (²) concernant l'attaque d'un fragment de NO_3Na par

(¹) L. Royer, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 51, 1928, p. 86.
(²) *Comptes rendus*, 712, 1921, p. 60.

une solution saturée de NH_4Cl observée par cet auteur sur un porte-objet isotrope



$$NO_3Na + NH_4Cl \rightleftharpoons NO_3NH_4 + NaCl.$$

Sur le mica les phénomènes sont particulièrement spectaculaires et suggestifs. Produisant tout d'abord une épitaxie de NO_3Na sur le mica, nous avons obtenu la forme p, soit seule, soit tronquée par a^1 et dans ce cas orientée. Nous avons ensuite traité la préparation sèche par une goutte de solution saturée froide de NH_4Cl. Les rhomboèdres p se dissolvent les premiers en présentant habituellement des formes courbes de décroissance convexe. Les épitaxies a^1 se dissolvent le plus souvent en conservant leurs formes extérieures ou en se disloquant en plus petits triangles.

Le long des arêtes des cristaux où le rhomboèdre p existe seul, des cubes de NaCl grossissent en orientant une de leurs arêtes parallèlement à l'une *ou* à l'autre des arêtes des rhomboèdres. Ils simulent ensuite par leurs alignements une orientation sur le mica et un contour en parallélogramme qui sont essentiellement le souvenir de NO_3Na.

Le long des arêtes $[1\bar{1}0]$ des faces a^1 du nitrate, les cristaux de NaCl alignés semblent s'être déposés suivant une orientation quelconque. Sur les rangées $[1\bar{1}0]$ les ions sont tous de même signe, tandis que dans le cas où le rhomboèdre p existe seul, ses arêtes parallèles aux rangées [100] portent des ions Na et NO_3 alternés. Quant à NaCl la rangée [100] possède des ions des deux signes. C'est peut-être là l'explication du phénomène, malgré la différence des paramètres : $[100] = 5{,}63$ Å pour NaCl et $[100] = 6{,}48$ pour NO_3Na.

En opérant sur le verre, les cubes de NaCl sont éparpillés de façon tout à fait quelconque.

Dans le cas de NO_3K traité de la même manière sur le mica par NH_4Cl il ne se produit rien de systématique car les cristaux de NO_3K étudiés ne permettent aucun rapprochement du type : rhomboèdres $(100)NO_3Na$, cubes NaCl. Mais on note que la dissolution des épitaxies a^1 de nitrate rhomboédrique se fait sans destruction du faux équilibre là où il a persisté grâce à l'action du mica.

GÉOLOGIE. — *Sur la stratigraphie et la paléontologie du Djoua (Sahara central).* Note (*) de M. ALBERT F. DE LAPPARENT, présentée par M. Paul Fallot.

On désigne sous le nom de Djoua une vallée rectiligne, longue de 200^{km}, qui s'étend de Fort Flatters à Ohanet; sa largeur varie de 4 à 10^{km}, entre le Tinrhert et le bord festonné de l'Erg Issaouane. Le plus clair de nos connaissances sur sa constitution remonte aux observations de Foureau, vieilles de

(*) Séance du 14 mars 1949.

50 ans. Nous avons tenté d'en préciser la stratigraphie et de revoir les gisements.

Les terrains du Djoua. — La vallée a été déblayée dans le *continental intercalaire*. Ce sont surtout des argiles rouges et vertes, à gypse, épaisses de 100 à 120^m, subordonnées au calcaire marin du Cénomanien supérieur à *Neolobites Vibrayei*. Elles ont même position que les argiles d'El Goléa et les faciès sont très analogues; on les rapporte au Cénomanien inférieur continental.

A la partie inférieure, c'est-à-dire dans les points les plus bas du Djoua et de préférence sur sa bordure méridionale, les argiles rouges et vertes admettent localement (Tabtab) des calcaires marneux en couches minces ou sous forme de nodules ovoïdes. Mais surtout on y voit s'intercaler des couches gréseuses, des schistes micacés feuilletés (Tabtab), des lits de graviers fluviatiles (Est de Mazoula). Les grès se présentent en lentilles, plus épaisses au Sud et se terminant en biseau vers le Nord; cela fait penser que les torrents de l'époque venaient du Sud. Ce sont vraisemblablement de telles couches gréseuses aquifères qu'atteignent les puits de Fort Flatters. Le niveau inférieur argilo-gréseux du Djoua représenterait, sous une épaisseur réduite à 20 ou 30^m, les grès et argiles du Tidikelt et du Meguiden, dont la puissance varie de 70 à 400^m et que nous avons rapportés au Crétacé inférieur ([1]). On notera que le repère de la *dalle quartzite*, suivi de Timimoun à In Salah, ne se retrouve plus dans le Djoua.

Le substratum de ces terrains, masqué au Sud par l'erg, ne s'observe qu'aux deux extrémités du Djoua. A l'Ouest, au travers du reg de l'Irharhar, apparaissent des grès rouges grossiers; ils se relient à ceux, plissés, de Tan Elak, que nous considérons comme du Carbonifère continental. A l'Est, nous avons indiqué précédemment la distinction du *continental intercalaire* et du *continental post-tassilien* sur le méridien d'Ohanet ([2]).

Les fossiles du Djoua. — Dans sa mission de 1894-1895, puis au cours d'un raid effectué pendant la mission Foureau-Lamy (1898), Foureau avait recueilli dans le Djoua, avec beaucoup de perspicacité mais en des points maintenant difficiles à préciser, des fossiles décrits par E. Haug. Nous avons fait, pour notre part, les observations suivantes.

1° Au milieu du Djoua, à mi-chemin entre Tabtab et Mazoula, nous avons récolté, dans les marnes vertes inférieures, soixante grandes dents qui se rapportent, la plupart à *Ceratodus africanus* Haug, quelques-unes à *C. Humei*, Priem. Des dents semblables, d'ailleurs aussi variables, de *C. africanus*, ont été récoltées en abondance au-dessous du Cénomanien marin dans l'oasis de Baharije au désert d'Égypte ([3]).

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 754.

([2]) A. F. DE LAPPARENT et M. LELUBRE, *Ibid.*, 227, 1948, p. 1106.

([3]) B. PEYER, *Abhandl. d. Bayer. Akad. d. Wiss.*, 30, 1925.

2° A Mazoula, puis à 20km à l'Est de ce point, nous avons recueilli, au même niveau, une vingtaine de petites dents de *Ceratodus africanus* Haug, des vertèbres de *Platyspondylus Foureaui* Haug et, dans une couche grèseuse, des Végétaux silicifiés. Ceux-ci présentent la structure de *Weichselia reticulata*, Stok. et Webb. (c'est-à-dire *Paradoxopteris Stromeri*, Hirmer), plante que l'on s'accorde à considérer comme très caractéristique du Crétacé inférieur (Wealdien d'Europe, de Transjordanie, etc.) et déjà signalée en plusieurs régions dans les *grès de Nubie*, (Baharije en Égypte, Messak au Fezzan, Dar-Four) (4).

Ainsi, les déterminations paléontologiques s'accordent avec les assimilations stratigraphiques pour confirmer l'attribution au Crétacé inférieur du *continental intercalaire* du Djoua.

3. Onze coquilles d'un curieux Lamellibranche *Desertella Foureaui* Mun.-Chalm. *in* Haug (5) avaient été trouvées par Foureau à l'Est de Fort Flatters en un point mal précisé. Depuis, quelques autres ont été remises à C. Kilian comme provenant des abords de la sebkra au Nord-Est de Fort-Flatters (communication orale). Malgré nos recherches, nous n'avons pu en retrouver. E. Haug les rapportait au Dévonien marin et croyait pouvoir exclure l'hypothèse de leur gisement originel dans les argiles du Djoua, du fait qu'on n'y aurait pas observé de restes limonitisés. Nous avons, au contraire, rencontré fréquemment, en place dans les argiles vertes les plus inférieures, des nodules de limonite de même aspect, ainsi que des débris végétaux et des vertèbres de Poissons limonitisés d'une façon tout à fait analogue. Ces observations, jointes à la considération attentive de la disposition des terrains, nous conduisent à penser, comme M. C. Kilian et Mlle C. Dechaseaux (6) y inclinaient déjà, que les *Desertella* doivent appartenir à la base du *continental intercalaire* et seraient, par conséquent, des Mollusques lacustres d'âge crétacé inférieur (wealdien).

PÉDOLOGIE. — *Sur une forme particulière de l'horizon illuvial dans les sols podzoliques sur arène granitique*. Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Albert Demolon.

Les arènes granitiques marquent fréquemment une tendance vers la podzolisation, mais le type de sol ainsi formé diffère parfois nettement d'un sol podzolique normal par la constitution et l'extension en profondeur de l'horizon illuvial.

L'examen des arènes granitiques jeunes dans la région de Louvigné-du-Désert (Ille-et-Vilaine) et au Nord de Brest (Finistère) a permis de mettre en évidence les raisons de cette particularité.

(4) Détermination et renseignements dus à M. Édouard Boureau.

(5) E. Haug, *Documents scientifiques de la Mission saharienne*, 1905, p. 751.

(6) C. Dechaseaux, *C. R. somm. Soc. géol. France*, 1946, p. 307.

La forme particulière de l'horizon podzolique est étroitement liée aux modalités d'altération du granite. Dans la région de Louvigné-du-Désert où il existe un vaste batholite de granite à grain moyen (¹), la roche franche affleure en de nombreux points ou, au contraire, est arénisée sur des épaisseurs atteignant parfois 5 à 6 mètres, mais en général l'arénisation ne dépasse guère 2 mètres.

Lorsque la roche est altérée, mais encore cohérente, elle montre près de la surface un réseau de cassures subhorizontales associées à des cassures subverticales qui lui donnent à peu près l'aspect des pierres d'un mur de maçonnerie.

Dans ces fissures, entre les blocs encore cohérents, s'effectue la circulation des eaux et les fissures sont toujours revêtues d'un enduit d'oxyde de fer.

A un stade plus avancé de l'altération, les fissures se colmatent par tassement et la circulation des eaux s'effectue dans les vides intersticiels avoisinant les anciennes fissures.

L'enrichissement de ces zones en argile et en oxyde de fer hydraté provoque fréquemment un durcissement qui leur permet de former en front de taille des bourrelets rougeâtres, en saillie sur les portions d'arène claire et pulvérulente qu'ils enserrent.

La comparaison des teneurs en argile et en oxyde de fer hydraté dosé suivant la méthode de A. Demolon (²) ainsi que des valeurs du pH des différents horizons permet de préciser les remarques précédentes.

Une coupe typique relevée dans la carrière de Bellevue en Louvigné-du-Désert a donné les résultats suivants :

	Argile.	Fe^2O^3 (%).	pH.
A_0. $0^m,00$-$0^m,20$ horizon brun humifère	0,466	0,9	4,8
A_1. $0^m,20$-$0^m,37$ horizon jaune clair de limon arénique	3,718	1,8	5,3
A_2. $0^m,37$-$0^m,55$ horizon jaune rougeâtre d'arène limoneuse	0,010	2,1	4,9
A'_2. $0^m,55$-$1^m,10$ Arène peu limoneuse jaune rougeâtre	0,020	2,1	5,0
B. $1^m,10$-$1^m,60$ Arène franche avec zones rubéfiées compactes encerclant des parties d'arène pulvérulente plus claire. (Prélèvement dans les zones rubéfiées constituant l'horizon illuvial.)	0,026	2,9	5,2

Ces résultats montrent que l'horizon illuvial est constitué par le réseau des zones rubéfiées qui parcourent l'arène franche. Elles présentent en effet des teneurs en argile et en oxyde de fer hydraté plus élevées que l'horizon $A_2 A'_2$ et l'augmentation du pH indique en outre un entraînement des bases.

Dans les environs de Gouesnou, au Nord de Brest (Finistère), j'ai observé des coupes analogues aux précédentes mais avec des zones beaucoup moins

(¹) L. Berthois, *Recherches sur les minéraux lourds des granites de la partie orientale du Massif Armoricain. Thèse* (*Bull. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, 1935).

(²) A. Demolon et D. Leroux, *Guide pour l'étude expérimentale du sol*, Paris, 1933, p. 190.

rubéfiées. Par contre, elles renferment fréquemment un enduit de matière organique noire. A $2^m,30$ au-dessous du sol une des fissures contenait 0,14 % de matière organique. Mais ce dosage n'a qu'une valeur indicative car une importante quantité d'arène est toujours incorporée à l'enduit organique lors du prélèvement.

En résumé, dans les sols à évolution podzolique sur arène granitique jeune des régions de Louvigné-du-Désert et de Brest, l'horizon illuvial est constitué par le réseau d'anciennes cassures de la roche mère formant une zone de drainage préférentiel pouvant s'étendre profondément. Le dépôt initial y a créé des conditions favorables à la précipitation et à l'accumulation d'éléments dissous dans la partie supérieure du profil.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations de la riboflavine, des acides nicotinique, pantothénique et ascorbique dans les débuts de la germination du Blé et du Pois.* Note de Mlle **Relda Cailleau**, Mme **Jeanne Lévy**, Mlle **Thérèse Terroine**, MM. **Jean Adrian** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Raoul Combes.

Nous avons suivi l'évolution de quelques vitamines au cours des premiers jours de la germination du Blé (Vilmorin-Fylgia) et du Pois (Vilmorin-Unica). Les graines choisies saines étaient ensemencées sur coton mouillé. On effectuait des prélèvements aussi homogènes que possible après 1, 2, 4, 6 jours. Nous avons utilisé les techniques analytiques suivantes : méthodes microbiologiques de Snell et Strong pour le dosage de la riboflavine, de Krehl, Strong et Elvehjem pour la niacine, de Skeggs et Wright pour l'acide pantothénique, méthode colorimétrique de Mentzer pour l'acide ascorbique. Les résultats moyens sont consignés dans le tableau suivant :

Blé.

Durée de la germination (jours).	Riboflavine		Niacine		Acide pantothénique		Acide ascorbique	
	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
0......	2,7	0,785	167	48,6	30,4	8,84	0	0
1......	3,7	1,135	131	40,3	25,3	7,73	0	0
2......	4,3	1,180	157	46,3	36	10,80	traces	
4......	5,9	2,06	144	49,1	31	10,45	310	106
6......	–	–	–	–	–	–	1350	466

Pois.

Durée de la germination (jours).	Riboflavine		Niacine		Acide pantothénique		Acide ascorbique	
	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
0......	24	1,22	543	27,5	362	18,4	0	0
1......	18	0,79	423	18,4	213	9,3	traces	
2......	34	1,49	624	27,4	162	7,1	670	34
4......	41	2,18	774	41,2	176	9,3	5940	300

A = γ par 100 graines; B = γ par gramme de poids sec.

Les premiers stades de la germination du Blé s'accompagnent presque exclusivement d'une synthèse de riboflavine : au 4e jour, alors que les racines de la plantule atteignent en moyenne 12mm et la tige 5mm, le grain contient deux fois plus de vitamines B_2, tandis que l'acide pantothénique demeure inchangé et que le taux de niacine est abaissé de 13 %. Quant à l'acide ascorbique, indosable les 3 premiers jours, il s'élève rapidement par la suite. Nos observations rejoignent celles de Burkholder et Mc Veigh ([1]) qui avaient montré que chez le Blé germé la synthèse de la riboflavine était à la fois plus précoce et plus importante que celle de la thiamine ou de la niacine.

Les premiers stades de la germination du Pois sont également caractérisés par un accroissement de la riboflavine beaucoup plus marqué (70 %) que celui de la niacine (40 %). Dans un même temps (4 jours) l'acide pantothénique est diminué de moitié. La synthèse de la vitamine C est ici plus rapide et plus marquée, en quantité absolue, que dans le cas du Blé; par contre le pourcentage d'acide ascorbique demeure moindre.

En résumé : le cours des synthèses vitaminiques n'est pas strictement identique dans les débuts de la germination des différentes espèces, bien que ce stade soit caractérisé, chez tous les végétaux, par une augmentation considérable des oxydations cellulaires. Alors que l'on constate l'augmentation de la riboflavine et de l'acide ascorbique chez les deux graines étudiées, les variations des acides nicotinique et pantothénique affectent un sens contraire chez le Blé et le Pois germé.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La réalisation du bouturage du Pin maritime.* Note (*) de M. Roger David, transmise par M. Henri Devaux.

Il existe un certain nombre de plantes que l'on peut bouturer aisément; d'autres sont difficiles à multiplier par voie végétative, mais, dans ce cas, un traitement des boutures par des substances de croissance permet d'obtenir un enracinement convenable. Pour une troisième catégorie d'espèces, le bouturage semble impossible : le rameau feuillé paraît alors manquer non seulement de substances excitant la multiplication cellulaire, mais aussi de facteurs organoformatifs.

Ainsi, divers chercheurs ont obtenu l'enracinement de *Pinus caribæa* (Slash Pine) et *P. palustris* (Longleaf Pine) dans la proportion de 4 à 38 °/o après un traitement par un mélange de substances hormonales et nutritives([1]). D'autres

([1]) *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S.*, 28, 1943, p. 440.

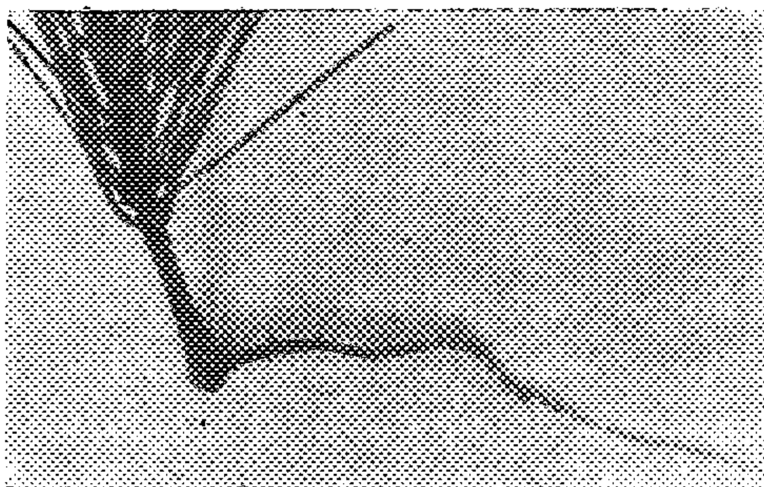
(*) Séance du 7 mars 1949.

([1]) L'enracinement des boutures de *Pinus caribæa* a été obtenu dès 1942 (H. L. Mitchell, C. S. Schopmeyer et K. W. Dorman. *Science*, 96 (2503), 1942, p. 559-560), tandis que *Pinus palustris* a été bouturé seulement en 1947, par K. W. Dorman (*Journal of Forestry*,

auteurs [2] ont eu aussi des résultats positifs avec diverses espèces du même genre : *Pinus bungeana*, *P. mugo mughus*, *P. mugo slavini*, *P. strobus* [3], *P. densiflora* var. *umbroculifera*. Par contre, le Pin maritime (*Pinus maritima*) est resté réfractaire à des traitements analogues, et il était impossible jusqu'à présent de le multiplier par bouturage.

Nous avons tout de même obtenu l'enracinement des rameaux de Pins de cette espèce en opérant de la façon suivante :

Des décortications annulaires ont été pratiquées en juin et juillet 1948 sur des Pins maritimes (âgés de 15 ans environ), vers la base de la pousse de l'année. La blessure a été alors recouverte avec une pâte de lanoline contenant de l'acide indol β acétique (3^g d'acide indol β acétique pour 100^g de lanoline), puis entourée d'un morceau d'étoffe noire fixé au-dessus et au-dessous de la décortication à l'aide de raphia. L'eau de pluie ne pouvait donc entraîner la lanoline et la pâte était ainsi protégée contre les radiations lumineuses. Pendant l'été, la portion de la tige située au-dessus de la décortication a acquis un diamètre supérieur à celui de la région située au-dessous et il s'est formé un bourrelet de cicatrisation assez volumineux.



Racine formée sur le bourrelet de cicatrisation d'un rameau de Pin maritime.

Le 23 septembre, certains rameaux ainsi enrichis en produits du métabolisme étaient sectionnés au niveau de la décortication et mis en pots (la base du rameau placée dans du sable humide). D'autres rameaux étaient prélevés

Vol. 45, août 1947, n° 8) à la Station Expérimentale Forestière du Sud-Est (Lake City, Floride, États-Unis), dirigée par C. E. Ostrom. Les boutures de *Pinus caribæa* peuvent s'enraciner sans traitement dans la proportion de 8 à 27%. Ces travaux sont poursuivis actuellement par A. A. Downs.

(2) H. Kirkpatrick, *Am. Nurseryman*, 71 (8), 1940, p. 9-12 ; M. A. Maxon, B. S. Pickett et H. W. Richey, *Iowa Agr. Exp. Sta. Research Bull.*, 280, 1940, p. 931-973 ; A. G. Snow, *U. S. Dept. Agr.*, *North-East. For. Exp. Sta.*, *Occas. Paper*, 11, 1940, p. 6 ; C.G. Deuber, *J. Arnold Arboretum*, 23, 1942, p. 198-215.

(3) Les boutures de *Pinus strobus* peuvent s'enraciner sans traitement dans la proportion de 4 à 42%.

seulement vers le 15 novembre. A cette époque toutes les boutures étaient placées en serre et soumises pendant la nuit à un éclairage d'appoint (tubes lumineux à l'argon : lumière du jour). L'arrosage était réalisé grâce à un système automatique analogue à celui qu'a utilisé K. W. Dorman (4). Il permettait une humidification régulière et périodique des aiguilles. Le réglage était réalisé de manière à ce que l'arrosage ait lieu toutes les 40 minutes. La température de la serre était en moyenne de 12° C. environ pendant la nuit et 15 à 25° C. durant la journée.

Le 10 février, les premières fleurs mâles apparaissaient sur divers sujets. Le 1er mars certaines boutures étaient examinées. *Elles possédaient des racines (une ou deux par bouture) dont la longueur atteignait jusqu'à* 22cm. Ces organes prennent naissance sur le bourrelet de cicatrisation; leur épaisseur, toujours importante (3 à 4mm environ), est sensiblement constante dans toute leur longueur. Certaines d'entre elles possèdent même des racines latérales (beaucoup plus minces) dans la région située au voisinage du bourrelet.

Ainsi se trouve réalisé le bouturage d'une espèce réfractaire à tous les procédés habituels. Nous avions en effet essayé auparavant, sans succès, le trempage préalable de la base des rameaux dans de nombreuses solutions contenant notamment : des substances de croissance (acides : indol acétique, indol butyrique, naphtalène acétique), des vitamines et des produits nutritifs minéraux et organiques. Nous avions utilisé aussi des poudres constituées par des mélanges variés de talc et d'hétéroauxines.

Le procédé qui nous a donné des résultats positifs, permettant la multiplication végétative de sujets déjà âgés, rend possible la sélection, par le bouturage, de Pins maritimes à hauts rendements en résine.

Il reste à préciser les conditions optima de traitement (saison, éclairage, arrosage, température de la serre et du substratum), et à rechercher les modifications biochimiques qui se produisent dans les rameaux et qui déterminent le succès du bouturage.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action mitodépressive de l'antipyrine.*

Note de M. **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons observé que, dans des conditions appropriées, l'antipyrine est susceptible d'exercer, sur les cinèses, deux actions distinctes, toutes deux parfaitement réversibles. Ce sont, d'une part, une action mitodépressive pure aboutissant à la disparition complète des cinèses, sans anomalies de leur déroulement, d'autre part, une action mitoclasique pouvant aller jusqu'à l'action stathmocinétisante totale. C'est seulement l'action mitodépressive que nous allons décrire dans cette Note.

(4) *The Chemurgic Digest*, 29 septembre 1945.

Cette étude a été effectuée sur les méristèmes radiculaires de l'*Allium Cepa* L. suivant notre technique habituelle ([1]). Voici l'essentiel des faits observés :

1° *Concentration de* 0,05 %. — L'allongement des racines est légèrement ralenti dès le premier jour (allongement moyen = 5^{mm} contre 6 chez les témoins) puis, plus nettement les jours suivants; l'allongement moyen des racines après quatre jours d'expérience est, par exemple, de 14^{mm} contre 24 chez les témoins. L'examen cytologique montre la présence de nombreuses cinèses, toutes normales; l'index mitotique, pratiquement non modifié, après 48 heures de traitement (49,3 cinèses pour 1000 cellules et 62,1 contre 55,9 et 65,4 chez les témoins) est légèrement abaissé au bout de quatre jours (52,9 et 55,1 pour 1000 cellules contre 60,4 et 64,4). La proportion des diverses phases mitotiques est, dans tous les cas, identique à celle qu'on observe chez les témoins.

2° *Concentration de* 0,20 %. — L'allongement des racines, déjà ralenti au cours de la première journée (4^{mm} au lieu de 6), devient très faible les jours suivants et s'arrête pratiquement le cinquième jour. L'index mitotique diminue régulièrement : il est, par exemple, de 48 ‰ le deuxième jour contre 65,4 chez le témoin; de 42,7 et 50,9 ‰ le quatrième jour, contre 60,4 et 64,4; de 32,5 et 33,7 ‰ le sixième jour, contre 55,7 et 63,5. Les cinèses sont toutes normales; cependant, on peut observer, dans certaines préparations, un très petit nombre de cellules binucléées. Comme pour la concentration précédente on n'observe pas non plus ici de modifications dans le pourcentage des diverses phases. A ces concentrations, l'action de l'antipyrine consiste donc uniquement à diminuer le nombre des cellules entrant en cinèse sans affecter aucunement le déroulement de celle-ci.

3° *Concentration de* 0,50 %. — L'allongement des racines cesse très rapidement et l'on assiste à la disparition complète des cinèses en un jour. Des méristèmes examinés après 20 et 24 heures de traitement ne montrent plus aucune cinèse (ou parfois seulement deux ou trois cinèses normales, à des stades variables). Il en est de même pour la concentration de 0,40 %.

Nous avons suivi cette disparition des cinèses sur des méristèmes prélevés après 2 heures, 5 heures, et 8 heures de traitement. Après 2 heures, l'index mitotique est déjà abaissé (42,2 et 52 pour 1 000 contre 68,6 et 61,6 chez les témoins); le nombre des télophases n'est pas modifié; les autres phases sont moins nombreuses, particulièrement les méta et anaphases. La seule anomalie observée est la présence de quelques télophases sans phragmoplaste. Après 5 heures, le nombre des cinèses a beaucoup diminué (236 dans l'ensemble d'un méristème, 314 dans un autre). Ces cinèses ne sont pratiquement que des prophases et des télophases (ces deux stades représentent 95 % des cinèses dans un méristème et 93 % dans un autre). On observe quelques très rares

([1]) *Thèse Doct. Pharm.* (*État*), Paris, 1948.

anomalies mitotiques (elles représentent 2,9 % des cinèses dans un méristème, 0,6 % dans un autre). Après 8 heures, le nombre des cinèses a encore diminué et leur répartition est tout à fait analogue à celle du cas précédent (136 cinèses dans un méristème, dont 89 % sont des prophases et des télophases; 132 cinèses dans un autre, dont 91 % sont des prophases et des télophases). Ces résultats suggèrent une action particulière de l'antipyrine sur les prophases et nous entreprenons de nouvelles recherches sur ce point.

Après la disparition complète des cinèses, on assiste, les jours suivants, à la reprise d'une très faible activité mitotique, puis enfin à la disparition définitive de toute cinèse.

De nombreuses expériences nous ont montré la parfaite réversibilité de cette action mitodépressive : si l'on reporte sur liquide de Knop au demi un bulbe dont les racines ont séjourné pendant 20 heures sur antipyrine à 0,50 % et ne montrent plus aucune cinèse, on constate que ces dernières reparaissent après 5 heures environ et se déroulent toutes normalement; après 7 heures, par exemple, les cinèses sont assez nombreuses et comprennent surtout des prophases et des métaphases; les télophases sont encore très rares; puis l'index mitotique revient rapidement à sa valeur normale : des numérations effectuées après 48 heures de retour ne montrent aucune différence avec les témoins, ni dans l'index mitotique, ni dans la répartition des différentes phases. Les retours au fonctionnement normal des méristèmes sont également possibles après des séjours de 2, 3, 4 jours sur antipyrine à 0,50 % et ne s'accompagnent, même transitoirement, d'aucune anomalie dans le déroulement des cinèses.

Conclusion. — Nous avons obtenu, sous l'action de l'antipyrine, pour des concentrations très éloignées du seuil de toxicité, une action mitodépressive *pure* et parfaitement réversible. Tout se passe comme si l'antipyrine inhibait une réaction qui contrôle les débuts de la prophase. On est amené tout naturellement à rapprocher cette action *mitostatique* de l'action *bactériostatique* des antibiotiques.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution des cystolithes de* Ficus elastica. Note de Mlles **Paulette Hiltz** et **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans une précédente Note (1), l'une de nous a montré que la cellule de la zone hypodermique qui contient le cystolithe est encore vivante bien qu'elle soit presque remplie par cette concrétion calcaire. Nous avons voulu préciser, au cours de son développement, comment cette concrétion se forme, quelles sont les matières minérales qui interviennent, sous quelle forme elles précipitent et où elles se localisent.

(1) P. Hiltz, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 194.

Examen optique de la concrétion. — Sur les coupes transversales de feuilles de *Ficus elastica*, le cystolithe, dans la cellule restée vivante, n'est jamais biréfringent : la matière minérale est donc isotrope. La poudre obtenue en grattant dans l'eau distillée des fragments d'épiderme de feuille est composée de concrétions entraînant des fragments de leurs pédicelles ; mais au microscope polarisant cette poudre est le plus souvent biréfringente : les cystolithes ont subi une modification. En grattant dans l'acool absolu et en séchant rapidement dans un courant d'air froid, on obtient une poudre de cystolithes non transformés, isotropes. Si l'on place quelques concrétions dans l'eau, on constate que le carbonate amorphe, variété instable plus soluble, disparaît au fur et à mesure que précipitent, sur la concrétion et immédiatement autour, des rhomboèdres de calcite, variété stable (*fig.* 1).

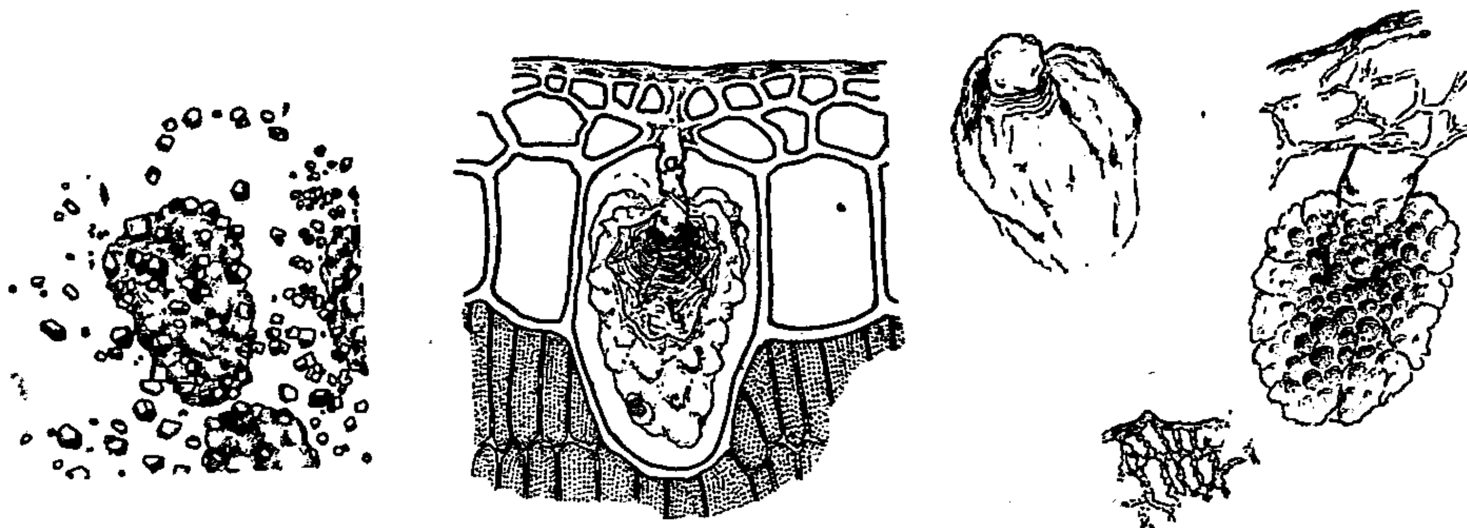


Fig. 1. — (× 200). Cystolithe placé dans l'eau distillée.

Fig. 2. — (× 180). Cystolithe *in situ* après décalcification.

Fig. 3. — (× 300). Après micro-incinération et décalcification.

Aux rayons X, le diagramme Debye-Scherrer de la poudre de cystolithes non transformés confirme bien le caractère amorphe de la substance étudiée.

L'action des acides dissout le calcaire et laisse apparaître une trame cellulosique (*fig.* 2). Si l'on place quelques cystolithes intacts dans une goutte d'huile de cèdre, d'indice 1,515, on constate la disparition optique de toute la matière minérale, et l'on voit réapparaître la trame cellulosique, qui, entre nicols croisés, manifeste sa propre biréfringence (les cystolithes transformés sont considérablement plus lumineux et ont un tout autre aspect). La substance minérale a donc un indice très voisin de celui de l'huile de cèdre, alors que celui de la calcite est bien supérieur (1,60).

Nature chimique. — Les expériences de microanalyse sont extrêmement difficiles à réaliser étant donné la faible quantité de produit dont on dispose ; de plus, Si et P donnent des réations analogues, notamment avec la liqueur nitromolybdique. Nous nous sommes adressées à l'analyse spectrale ; de telles analyses, dues à la grande obligeance de M. Bardet, nous ont révélé que la matière minérale du cystolithe, en dehors du calcium, de beaucoup le plus important, contenait, entre autres, du Si, 5 à 10 %, du Mg, 2 à 5 %, et des traces de Ti, Al et Fe. Par contre, il n'y a pas de phosphore.

Nous avons cherché à déterminer, par des microincinérations, l'emplacement du Si, élément important quantitativement. Nous avons fait des spodogrammes de coupes transversales de feuilles : ces coupes sont incinérées 30 minutes à 500° et toute la substance organique est détruite; cependant les cystolithes conservent extérieurement leur forme et leur structure : le pédicelle, clair, réfringent, tranche avec la masse brun-noir du corps. Si l'on traite un cystolithe calciné par l'acide acétique dilué, on réalise une décomposition lente du carbonate; sa disparition découvre peu à peu un voile ténu, fragile, ayant résisté à l'incinération (*fig.* 3); ce voile et le pédicelle massif sont responsables du pourcentage de Si révélé par l'analyse (une décalcification brutale, rapide, entraîne et déchire tout).

Le silicium se trouve très vraisemblablement sous forme de silice amorphe dans le pédicelle (*fig.* 2, *a*) et sous forme de silicate de Ca, en particulier dans le corps du cystolithe, en quantité faible en *b*, et très faible en *c*. Silicate et carbonate de Ca contiennent d'ailleurs un certain pourcentage de magnésium. On obtient des résultats analogues en attaquant la poudre de cystolithes par l'acide sulfurique concentré.

Des expériences de précipitation simultanée *in vitro* de silicate et de carbonate de Ca ont confirmé les résultats obtenus sur les cystolithes. Des colorations vitales ayant montré que le pH des cellules de *Ficus elastica* est partout semblable, au voisinage de 7, et qu'il ne varie pas au cours du développement de la concrétion; les essais *in vitro* ont été faits sur des solutions dont le mélange aboutissait à un pH compris entre 7 et 8. Le silico-carbonate de Ca obtenu, correspondant vraisemblablement à une coprécipitation des deux sels, n'est aucunement biréfringent, et les diagrammes Debye-Scherrer montrent qu'il s'agit d'une substance amorphe. Étude optique dans des milieux divers ($n \neq 1,515$), microincinérations, attaque par les acides, révèlent que les propriétés de ce corps sont identiques à celles de la matière minérale des cystolithes; en particulier, il est très instable et donne de la calcite en présence d'eau.

Dans le règne animal c'est plus souvent le phosphore qui permet la précipitation et la persistance du calcaire sous forme amorphe, comme dans le tégument des Crustacés (M. Prenant); les phosphocarbonates sont plus stables.

On connaît cependant des cas où le silicium est associé aux éléments calcaires.

Ces faits nous permettent de penser que la matière minérale constituant le cystolithe de *Ficus elastica* est formée par du carbonate de Ca amorphe, stabilisé sous cette forme par la précipitation concomitante d'une faible quantité de silicate de Ca, au sein de la substance fondamentale cellulosique.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur le mode d'action de certains champignons parasites* (Nectria). Note de Mlle **Jeanne Berducou**, présentée par M. Raoul Combes.

Dans le cas de divisions cellulaires actives se manifestant parfois autour des tissus végétaux attaqués par des parasites du règne végétal ou animal, on a voulu voir surtout une réaction de l'hôte vis-à-vis de son envahisseur, se traduisant par une sorte de phénomène de résistance active, d'immunité locale histologique.

Rivera, sans donner de preuves expérimentales, pensait que le parasite devait apporter le *stimulus* qui déclencherait le processus de cicatrisation.

Defago (1940), en étudiant les effets de l'aneurine et de l'hétéroauxine sur la croissance de quelques champignons parasites du Blé, arrive à la conclusion que les auxines pourraient, suivant leur dose, constituer un facteur de résistance active ou passive de l'hôte. Sous l'action des hyphes, les cellules de l'hôte réagissant, leur production d'auxines s'accroîtrait en provoquant soit une prolifération des tissus, soit un ralentissement ou une accélération de la propagation du parasite.

Le rôle prépondérant des substances de croissance dans la formation du cancer végétal, provoqué par *Pseudomonas tumefaciens*, a été soutenu par certains auteurs, vigoureusement combattu par d'autres (Laibach, 1935; Lefèvre, 1939; White et Braun, 1942; Gautheret, 1942-1946; Mlle Noël, 1946; De Ropp, 1947, etc.).

Nystérakis (1946-1948) a démontré que la prolifération active des tissus végétaux attaqués par certains parasites animaux, aussi bien que l'inhibition de la croissance de leurs organes sont dues directement à l'action d'une phytohormone injectée par le parasite dans les tissus qu'il pique.

En vue d'élucider l'intéressant problème de l'activation de la division cellulaire des tissus hébergeant certains champignons, nous avons entrepris une série de recherches dont la première partie fait l'objet de la présente Note.

Certains champignons provoquent chez leurs hôtes des chancres, parmi lesquels on distingue deux grandes catégories : *a.* ceux qui se caractérisent par la prolifération active (au moins périodique) des cellules environnant le point d'infection; *b.* ceux dont les tissus envahis meurent sans qu'il y ait formation annuelle d'un bourrelet cicatriciel circonscrivant les régions détruites par le parasite.

Nous nous sommes demandé si, dans le premier cas, la prolifération des cellules de l'hôte ne serait pas due directement à l'action d'une substance du type hormonal sécrétée par le parasite ou si, au contraire, elle ne serait pas le résultat d'une réaction immunologique de la plante attaquée vis-à-vis de son envahisseur.

Pour essayer de résoudre cette question, nous avons étudié deux champignons très voisins : *Nectria galligena* et *Nectria cinnabarina* (souches Baarn-Hollande).

Sans connaître exactement le mode de pénétration de ces microorganismes dans les tissus de l'hôte, on peut affirmer que l'installation de *N. galligena* dans les tiges du Pommier est suivie d'une prolifération intense des cellules environnant le point d'attaque. Par contre, l'évolution saprophytique de *N. cinnabarina* mise à part, ce champignon peut provoquer la mort des rameaux de Pommier et d'autres arbres avant que les tissus lésés ne manifestent une réaction cicatricielle (Cunningham, 1922; Zeller, 1926; Viennot-Bourgin, 1947; etc.).

Le 20 janvier 1948, nous avons ensemencé *N. galligena* et *N. cinnabarina* sur divers milieux bien définis. Nous ne donnerons ici que les résultats obtenus en partant du milieu de Knop additionné de 10 gouttes de la solution de Berthelot légèrement modifiée, 20^g de saccharose, 13^g de glucose.

Le 12 février nous avons prélevé, dans les cultures des deux champignons obtenues dans des conditions identiques :

1° Le feutrage mycélien contenu dans deux tubes de $20^{mm} \times 20^{cm}$ (1);

2° La couche de milieu de culture d'une épaisseur de 2^{mm} se trouvant à une profondeur de 1^{mm},5 environ.

3° Le champignon, plus une couche de substratum d'une épaisseur de 2^{mm} se trouvant en contact avec lui.

Chacun de ces échantillons (en plusieurs exemplaires) a été mélangé intimement à 5$^{cm^3}$ d'alcool buthylique normal; les récipients hermétiquement clos ont été conservés à l'obscurité.

Le 20 février, après filtration, nous avons prélevé 3$^{cm^3}$ d'alcool de chacun des échantillons et ajouté 5$^{cm^3}$ d'eau bi-distillée. En appliquant la technique indiquée par Berthelot, Amoureux et Deberque (2) en 1939, nous avons trouvé, dans les trois échantillons prélevés dans les cultures de *N. galligena*, des doses relativement élevées d'acide indol-β acétique. La réaction était négative dans le cas de *N. cinnabarina*.

Il résulte de ces faits que :

1° *N. galligena* produit des quantités appréciables d'acide indol-β acétique; la formation de tissu cicatriciel que provoque ce parasite chez les arbres qu'il attaque peut donc s'expliquer par l'action exercée par l'acide qu'il excrète.

2° *N. cinnabarina* ne produit pas ou produit peu d'acide indol-β acétique;

---

(1) Après le prélèvement du feutrage mycélien, la faible quantité de substratum adhérente a été enlevée par un lavage soigné et rapide à l'eau distillée.

(2) Soit directement sur un mélange alcool + eau, soit après évaporation de l'alcool et d'une partie d'eau.

la non-apparition de tissu cicatriciel sur les tiges de Pommiers qu'il attaque peut être attribuée à l'absence ou à l'insuffisance de sa sécrétion de substances de croissance.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Comparaison des échanges respiratoires chez* Gammarus pulex *L. et* Niphargus virei *Chevreux*. Note de Mlle **Louise Derouet**, présentée par M. Louis Fage.

De nombreux spéléologues ont observé que les Crustacés cavernicoles résistaient mieux à l'asphyxie que les espèces épigées, différence qui est interprétée comme liée à une intensité moindre du métabolisme respiratoire chez les aquatiques cavernicoles. Mais les données expérimentales concernant la physiologie des cavernicoles sont rares.

En 1947, des expériences réalisées par Burbanck et Edwards [1] sur les Écrevisses, l'une cavernicole *Cambarus setosus*, l'autre épigée *Cambarus rusticus*, ont confirmé les observations précédentes. Les deux espèces étaient placées dans des récipients hermétiquement clos, renfermant de l'eau bouillie froide. Le temps moyen de survie des cavernicoles était environ trois fois celui des non cavernicoles.

Nous avons entrepris une série d'expériences de mesures de la consommation d'oxygène sur des Crustacés amphipodes *Gammarus pulex* épigé et *Niphargus virei* cavernicole.

Quatre lots de Gammares, constitués les uns par des jeunes (poids moyen 13^{mg}), les autres par des adultes (poids moyen 45^{mg}), et quatre lots de *Niphargus*, (poids moyen 37 et 55^{mg} respectivement) sont mis à respirer dans des flacons soigneusement bouchés, renfermant de l'eau normalement oxygénée (7^{cm^3} par litre). Deux de ces lots demeurent à l'obscurité pendant toute l'expérience, les deux autres, après détermination de leur métabolisme respiratoire à l'obscurité, sont placés à la lumière électrique. Les dosages d'oxygène sont faits par la méthode de Winkler.

A l'obscurité, la consommation d'oxygène, ramenée au gramme-heure, est en moyenne pour les *Gammares* adultes : $0^{cm^3},106$; pour les jeunes : $0^{cm^3},224$, à la température de 10-11°, et respectivement $0^{cm^3},115$ et $0^{cm^3},264$ à 15-17°; elle est seulement de $0^{cm^3},020$ et $0^{cm^3},025$ à 10-11° et $0^{cm^3},029$ et $0^{cm^3},033$ à 15-17° pour les *Niphargus*.

Comme c'est le cas généralement, nous constatons que la consommation d'oxygène ramenée au gramme-heure est, dans chaque espèce, sensiblement plus faible chez les individus de grande taille. Mais compte tenu de la

(1) *The biological Bulletin*, 93, n° 2, p. 190, 1949.

différence de taille, et en comparant notamment les *Niphargus* de petite taille aux Gammares adultes de poids supérieur, il est évident que la consommation d'oxygène est bien inférieure chez les *Niphargus* à ce qu'elle est chez les Gammares (environ quatre fois moindre) dans les conditions de nos expériences.

Chez les Gammares jeunes, après 75 heures d'exposition à la lumière électrique, la consommation d'oxygène subit, par rapport aux témoins, une augmentation de 11 % à la température de 10-11° et de 37 % à 15-17°. Chez les adultes, l'augmentation n'est que de 7 % à 10-11° et de 17 % à 15-17°. Chez les *Niphargus* l'action de la lumière est encore moins marquée. Il y aura lieu toutefois de reprendre ces expériences avec des éclairages variés et de composition spectrale bien définie.

Ces résultats prouvent donc que la consommation d'oxygène est beaucoup moins importante chez le Crustacé cavernicole étudié que chez l'espèce épigée voisine.

D'autre part, l'éclairement semble influencer davantage le métabolisme respiratoire du Gammare que celui du *Niphargus*.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la colchicine sur la spermatogenèse d'*Allolobophora chlorotica Sav. Note de Mme **Odette Tuzet** et M. **Michel Ch. Durand**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Désireux de compléter les recherches de Sokolov et de David (1) sur l'action de la colchicine à l'égard de la spermatogenèse, nous avons choisi comme matériel d'étude le Lombricien *Allolobophora chlorotica*, car l'un de nous ayant déjà observé une polyploïdie naturelle chez *Allolobophora caliginosa*, nous avons pensé que *A. chlorotica*, qui ne présente jamais ce phénomène, serait un bon matériel pour l'étude de la polyploïdie expérimentale. Nos espoirs ont été déçus.

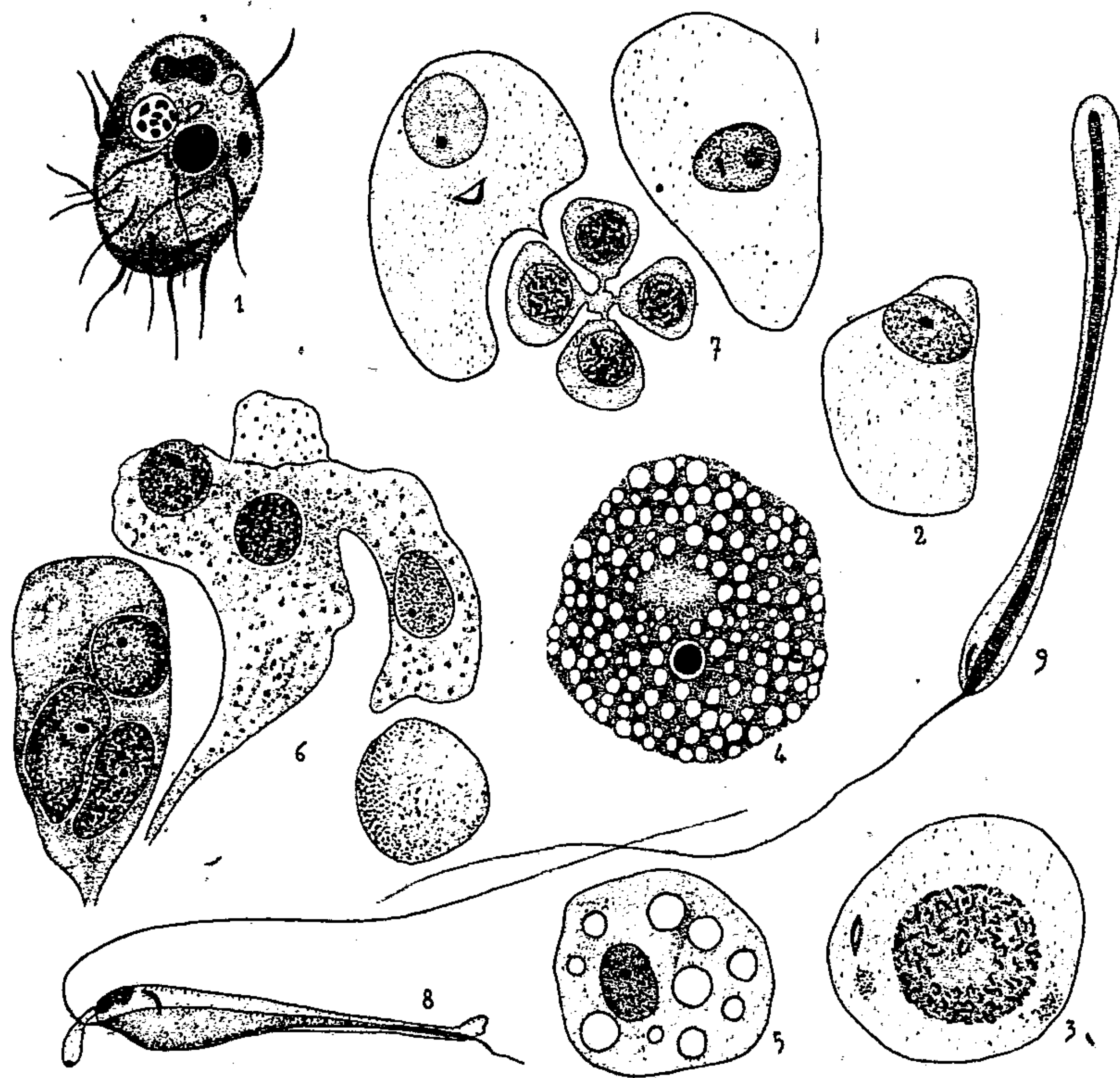
Nous avons employé des solutions aqueuses de colchicine variant de 0,1 à 0,04 %. Les injections ont été faites dans la région immédiatement au-dessus du *clitellum*. La durée d'action a varié de 24 heures à 12 jours. La réaction des individus est fonction de la concentration, de la durée d'action et surtout de l'état génital du sujet. Les Vers dont les testicules ne montrent que peu ou pas de spermatozoïdes, réagissent beaucoup plus énergiquement à des concentrations identiques ou plus faibles, que ceux qui sont en pleine maturité.

Pour une faible dose, les cytophores tendent à se désorganiser, libérant les éléments de la spermatogenèse qui s'éparpillent et paraissent ainsi rendus plus vulnérables. Le cytophore acquiert alors un pouvoir phagocytaire considérable (*fig.* 1).

(1) Sokolov, *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 24, 1939, p. 298-303; David, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 185.

Une autre forme de la réaction du cytophore est l'apparition d'une surcharge graisseuse accompagnée, ou non, de vacuolisation.

La colchicine inhibe les mitoses des éléments de la spermatogenèse. Très rapidement, les individus non encore mûrs, réagissent à une première injection à 0,04 %. Cette inhibition n'apparaît, chez les individus mûrs, qu'au bout de 12 jours et après 3 injections successives à 0,04 %. La mitose hétérotypique peut atteindre le stade des tétrades, mais les fuseaux ne se formant pas, elle ne



va pas plus loin (*cf.* Stevens 1948) [2]. Les chromosomes disparaissent et le noyau prend une structure granuleuse homogène, caractéristique des éléments colchicinés (*fig.* 2). Nous avons observé quelques noyaux géants à nombreux chromosomes (*fig.* 3), mais nous ne pouvons préciser le mécanisme de leur formation.

Le cytoplasme des cellules montre un ensemble de phénomènes de dégénérescence qui se présentent sous diverses formes. Il y a généralement apparition d'une rapide dégénérescence graisseuse, soit sous forme de petits granules (*fig.* 4), soit sous forme de grosses granulations (*fig.* 5). Parallèlement, les noyaux dégénèrent par pycnose.

Les spermatogonies ou les spermatocytes d'un même cytophore peuvent

---

(2) *Anat. Rec.*, U.S.A., C, 1948, p. 716.

fusionner et former des plasmodes multinucléés (*fig.* 6). Par hypertrophie (*fig.* 7) et évolution granuleuse des noyaux, ces mêmes éléments sont susceptibles de phagocyter, soit des noyaux, soit des cellules entières.

Les spermatides réagissent souvent vivement à l'action de la colchicine. La tête s'allonge, se gonfle (*fig.* 8) et la taille peut atteindre 55$^{\mu}$ contre 9 à 10$^{\mu}$ normalement. Les spermatozoïdes géants ne sont pas rares. Leur tête atteint 40$^{\mu}$ contre 27 à 30$^{\mu}$ à l'état normal.

De plus, le pouvoir morphogénétique du centrosome postérieur est exalté. Il donne naissance à un flagelle très long (plus de 50$^{\mu}$) et épais (*fig.* 9).

Nous n'avons pu suivre qu'incomplètement l'action de la colchicine sur le chondriome qui est hypertrophié dans les spermatides et spermatozoïdes. L'appareil de Golgi est hypertrophié à tous les stades.

D'après nos observations, on ne peut pas parler de polyploïdie expérimentale dans le cas de l'action de la colchicine sur la spermatogenèse de l'*Allolobophora chlorotica*. Nous avons noté seulement l'inhibition des mitoses et une dégénérescence très caractéristique du noyau et du protoplasme, accompagnée de phagocytose et de gigantisme.

L'augmentation de taille des spermatozoïdes n'est pas, selon nous, une conséquence de la polyploïdie, mais correspond à une forme de la dégénérescence colchicinique. Il y a lieu de croire que les spermatozoïdes géants ne sont pas fonctionnels.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le rôle du diamètre pupillaire et des images entoptiques dans la perception des seuils de contraste de l'œil.* Note de M. **Albert Arnulf** et Mlle **Odette Dupuy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le calcul des limites de perception visuelle des instruments fait intervenir la distribution des éclairements sur la rétine et les seuils de contraste de l'œil. Ces derniers sont toujours mesurés pour l'œil nu avec ses pupilles naturelles. En fait, les gradients d'éclairement rétinien existant dans l'observation instrumentale peuvent être très différents de ceux qui sont relatifs à l'œil nu, et modifier en conséquence les seuils de contraste. Les résultats présentés ci-dessous concernent l'influence du diamètre pupillaire.

Lorsque ce dernier décroît, le seuil de contraste augmente par suite de l'élargissement des contours de l'image et de la gêne croissante apportée à la perception par l'augmentation du contraste des images entoptiques. Ces deux facteurs ont été distingués au moyen d'un dispositif permettant d'éliminer ou non les images entoptiques; pour cela, l'observation de l'objet est effectuée par l'intermédiaire d'une lunette de grossissement unité, telle que la rotation très rapide de la lentille de champ excentrée située dans le plan de l'image fasse décrire à l'anneau oculaire un cercle de 2^{mm} de diamètre, en laissant l'image immobile. Dans ces conditions, même avec un anneau oculaire très petit, les

images entoptiques ne sont pas plus gênantes qu'avec les pupilles naturelles. En arrêtant la rotation, sans autre changement du dispositif, on fait intervenir les images entoptiques.

1° *Seuils de contraste sans images entoptiques.* — L'objet est une plage photométrique de 6° de diamètre apparent, à séparation diamétrale verticale, se détachant sur un champ de même brillance de 20° apparents. B étant la plus forte brillance des deux plages, ΔB la différence des brillances des deux plages, le contraste C est défini par $C = \Delta B/B$. Le seuil correspond au contraste donnant égalité de réponses *vu* et *non vu* (100 réponses par seuil) et a été mesuré exclusivement en vision fovéale. On a étudié 10 diamètres pupillaires, échelonnés entre 4 et $0^{mm},1$, la durée d'observation étant limitée à 3 secondes. La brillance apparente b (ou l'éclairement rétinien e) est constante pour toutes les pupilles, avec les valeurs suivantes : $b_1 = 3,75$ nits; $e_1 = 47,1$ photons (ou luxons); $b_2 = 0,3$ nit; $e_2 = 3,8$ photons; $b_3 = 0,03$ nit; $e_3 = 0,38$ photons. Source à incandescence (2840 K.).

C_s étant le seuil de contraste, ω le diamètre pupillaire en millimètres, C_0 un seuil limite pratiquement égal au seuil obtenu pour les grands diamètres pupillaires, et variable avec la brillance apparente, on a, pour toutes les brillances étudiées :

$$C_s = C_0\left(1 + \frac{0,09}{\omega}\right); \tag{1}$$

$$C_s\omega = C_0(\omega + 0,09). \tag{2}$$

La moyenne des écarts en valeur relative des points expérimentaux par rapport aux droites (2) est de 0,14 pour les deux plus fortes brillances et de 0,06 pour la plus faible, sans allure systématique des écarts. La brillance n'intervient que par la valeur de C_0, qui peut s'exprimer à mieux de 0,05 en valeur relative par la formule de Hecht. Avec les coefficients numériques déduits des mesures on obtient la formule

$$C_s\omega = \frac{1,13.10^{-3}}{b}(1 + 2,53\sqrt{b})^2(\omega + 0,09),$$

qui représente avec une précision satisfaisante l'ensemble de nos mesures.

2° *Intervention des images entoptiques.* — Toutes les mesures ont été effectuées avec et sans pupille tournante. Le tableau suivant donne, à partir des nombres expérimentaux bruts, le rapport du seuil C_i à pupille fixe au seuil C_t à pupille tournante.

	ω	0,10	0,16	0,21	0,51	0,71	0,92	1,48	1,92	2,81	3,75
$\frac{C_i}{C_t}$	3,75 nit...	3,6	5,8	4,3	1,9	1,8	1,4	1,2	1,3	0,82	0,82
	0,3.......	2,2	1,8	2,5	1,05	1,0	0,96	1,07	1,05	1,4	0,87
	0,03.......	1,26	1,30	1,20	1,0	0,92	0,92	1,0	0,94	0,95	1,1

Malgré l'accroissement notable de la dispersion des mesures due aux images entoptiques, on voit que l'influence de ces dernières est très forte pour la

brillance la plus forte, même pour la pupille de $0^{mm},5$ utilisée couramment dans l'observation microscopique. Par contre, l'effet diminue beaucoup aux brillances faibles, ce que l'on devait attendre.

Il serait imprudent, en raison de la variabilité évidente du phénomène, de tirer des conclusions numériques de ces mesures relatives à un seul observateur; des statistiques doivent être faites. Nous pensons néanmoins avoir mis en évidence l'importance des images entoptiques dans la vision à petit diamètre pupillaire. Leur élimination permettrait vraisemblablement d'améliorer la perception par les instruments visuels à grossissements élevés.

RADIOBIOLOGIE. — *Application de la méthode de minéralisation par attaque au peroxyde de sodium dans la microbombe de Parr, au dosage du radiobrome dans le matériel biologique.* Note (*) de Mme **Pascaline Daudel**, Mlles **Monique Flon** et **Christine Herczeg**, présentée par M. Louis de Broglie.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour doser le radiobrome dans les organes des animaux ayant subi des injections de substances organiques renfermant ce radioélément, mais aucune de celles-ci ne nous a pleinement donné satisfaction. C'est la raison pour laquelle nous avons essayé d'utiliser pour ce dosage la méthode de minéralisation par attaque au peroxyde de sodium dans la microbombe de Parr, couramment employée dans la minéralisation des substances organiques en vue de doser les halogènes qu'elles contiennent par les voies chimiques ordinaires ([1]), ([2]).

Mode opératoire. — La variante du mode opératoire employé est celle qui a été adoptée par Zimmermann. Avec l'aide des services de Chimie analytique du Laboratoire municipal nous l'avons adaptée aux exigences des techniques radioactives.

Voici le mode opératoire qui a été fixé.

On mélange dans un récipient de préférence en nickel 2^{g} de peroxyde de sodium, $0^{g},2$ de nitrate de potassium et $0^{g},05$ de sucre.

Le tiers de ce mélange est introduit dans une microbombe de Parr en nickel *pur*, puis on ajoute l'organe séché (de 0,5 à 100^{mg}) et 10^{mg} de bromure de sodium inactif à titre *d'entraîneur*. On recouvre le tout du reste du mélange, on agite avec une baguette de magnésie qu'on laisse dans la bombe ([3]), et l'on finit de remplir la bombe avec du peroxyde de sodium.

La bombe munie de son couvercle est ensuite placée dans un dispositif de

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) A. Elek et R. A. Harte, *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 9, 1937, p. 502.

([2]) A. Elek et D. W. Hill, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 2550.

([3]) A défaut de baguette de magnésie on peut utiliser un fil de platine ou une pointe de verre étiré.

serrage et est chauffée 10 minutes à feu doux sur un microbrûleur. Après refroidissement la bombe est ouverte et placée dans un bécher de 250^{cm^3} contenant de l'eau distillée que l'on chauffe sur une petite flamme jusqu'à dissolution totale de la masse fondue (4). Le volume des eaux de dissolution et de rinçage est de 35^{cm^3} environ. La solution est refroidie à 0° pour éviter la formation de bromate pendant la neutralisation, on ajoute alors du bromure de sodium (72^{mg}) et l'on neutralise avec de l'acide nitrique 4 fois normal jusqu'à effervescence de la magnésie. On traite par le nitrate d'argent, on filtre et on lave le précipité de bromure d'argent obtenu; son activité est mesurée à l'aide du compteur de Geiger-Müller et comparée à celle d'un étalon.

Résultats obtenus. — Ces résultats sont rassemblés dans le tableau suivant et se rapportent à des souris auxquelles on a dû injecter du triphényléthylène radiobromé préparé au laboratoire de M. Buu Hoï.

	Poids de l'organe prélevé en mg.	Activités trouvées.	Moyenne.	Activité par mg d'organe.
		1re expérience.		
Foie	50...........	110 105	107	2,14
	20...........	37	37	1,85
	10...........	21 34 58 (5) 23	26	2,60
	5...........	14	14	2,80
Rate	50...........	80	80	1,6
	10...........	20	20	2
		2e expérience.		
Foie	100...........	539 535	437	4,37
	50...........	200 190	195	3,90
	25...........	107 82	94	3,86
Hypophyse	0,5........	12	12	24

On voit que l'activité spécifique pour un même organe est bien sensiblement constante, aux fluctuations biologiques près, et par conséquent cette méthode est très satisfaisante. Elle a, notamment, l'avantage de ne pas favoriser les petits organes parce qu'elle élimine entièrement à la fois les effets de l'absorption du rayonnement dans la matière (les activités sont mesurées sur des masses égales de bromure d'argent quel que soit le poids initial de l'organe) et ceux de l'adsorption des produits radioactifs dans les colloïdes au moment de la précipitation du bromure d'argent; la matière organique est complètement minéralisée.

Cette méthode pourrait vraisemblablement être étendue aux cas du chlore, de l'iode, du soufre, de l'arsenic et du phosphore.

(4) A la température de 70° C. environ.

(5) Valeur aberrante non introduite dans la moyenne.

BIOCHIMIE. — *Effet de la castration sur l'activité amylasique de la salive de la Souris mâle.* Note de M[me] **Jeanne Raynaud** et M. **Pierre Rebeyrotte**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il a été établi précédemment (¹) : d'une part que l'activité amylasique de la salive des souris mâles était plus élevée que celle des souris femelles, d'autre part que l'injection d'une hormone androgène (propionate de testostérone) à la Souris femelle provoquait une élévation de l'activité amylasique de sa salive. Ces premiers résultats montraient donc que la différence d'activité amylasique de la salive des souris mâles et des souris femelles était due à une action hormonale; vraisemblablement à l'action de l'hormone androgène sécrétée par les testicules.

Cette observation nous a conduits à rechercher l'effet de l'ablation des testicules sur l'activité amylasique de la salive. Dans ce but, neuf souris mâles ont été castrées et utilisées dans cette expérience, deux mois et demi après leur castration. Elles sont restées en très bon état et n'ont subi aucune diminution de poids depuis l'opération. Pour chaque dosage, on prélève la salive de ces neuf souris directement dans la cavité buccale au moyen d'une fine pipette; leurs salives sont mélangées et c'est sur une fraction de cette salive globale que le dosage est effectué d'après la technique décrite dans la Note précédente (¹) : on mesure la quantité de glucose libéré, à partir d'un poids donné d'empois d'amidon, par une quantité déterminée de salive (²). Pour chaque série de dosages, on prélève également, de la même façon, la salive de neuf souris mâles normales et de neuf souris femelles normales. Quatre séries de dosages ont été effectuées; leurs résultats sont rapportés dans le tableau ci-dessous. Ainsi que cela a été spécifié précédemment (¹) les conditions chimiques des dosages, dont chaque série est faite à plusieurs jours d'intervalle, ne permettent pas la comparaison d'une série de dosages à l'autre. Les comparaisons doivent être faites pour les trois catégories d'animaux dans une même série (rangée horizontale du tableau).

Séries de dosages.	Quantité de glucose (mg) libérée par 100[mg] de salive		
	de souris mâles normales.	de souris mâles castrées.	de souris femelles normales.
I	0,363	0,165	–
II	0,413	0,236	0,236
III	0,510	0,268	0,283
IV	0,587	0,255	0,262

De la lecture de ce tableau il ressort : 1° que la castration produit une dimi-

(¹) J. Raynaud et P. Rebeyrotte, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 433.

(²) Méthode Hagedorn-Jensen (*Bioch. Zeits.*, 135, 1923, p. 46).

nution importante de l'activité amylasique de la souris mâle (diminution d'environ 50 %); 2° que l'activité amylasique de la salive de la souris mâle castrée est identique à celle de la salive de la souris femelle normale.

Ces résultats concordent donc avec ceux obtenus dans les premières expériences (¹), et montrent que la plus grande activité amylasique de la salive des souris mâles par rapport à la salive des souris femelles, est due à la présence de l'hormone androgène testiculaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude du mécanisme enzymatique de l'oxydation bactériologique des hydrocarbures.* Note (*) de M. **Boris Imelik**, présentée par M. Paul Pascal.

Pour étudier le mécanisme enzymatique de l'oxydation bactériologique des hydrocarbures, nous avons mesuré à l'aide de l'appareil de Warburg l'intensité respiratoire des suspensions de *Pseudomonas æruginosa*, 1° en présence d'hydrocarbures et 2° en présence d'hydrocarbures additionnés de glucose ou d'alcool éthylique. Nous avons aussi étudié le rôle des phosphates, du cyanure de potassium et de l'uréthane.

Pour mener à bien cette étude, il fallait surmonter de nombreuses difficultés, car les hydrocarbures ne sont pas miscibles avec l'eau ou avec les solutions tamponnées. Nous avons évité toutes les méthodes qui dispersent l'hydrocarbure dans la phase aqueuse, car il n'en existe aucune permettant de reproduire le même état de dispersion; de plus les variations de dispersion peuvent entraîner des erreurs incontrôlables, car il est bien connu que l'intensité d'attaque des hydrocarbures et, par suite, la consommation d'oxygène, croît avec la surface présentée à l'action des microbes (¹). Pour avoir des résultats comparables nous avons donc laissé l'hydrocarbure surnager simplement la suspension bactérienne. Les expériences ont été exécutées avec la technique habituelle (²) légèrement modifiée; à 18° C., car au-dessus de cette température la volatilité de l'heptane gêne sensiblement les mesures. Nous avons graissé les robinets et les rodages avec du silicone qui n'est pas sensible à l'action des vapeurs d'hydrocarbures.

L'agent bactérien était une culture de 48 heures sur gélose nutritive, qui était mise en suspension dans le tampon des phosphates (0,001 M).

Dans ces conditions, la précision des mesures a été satisfaisante, bien que légèrement inférieure à celle de la technique de Warburg.

Dans le tableau ci-joint nous avons présenté une série d'expériences typiques. Nous constatons que la quantité moyenne Q_{O_2} d'oxygène, consommé en millimètres cubes par milligramme de masse bactérienne (poids sec) en 2 heures, varie assez sensiblement pour les hydrocarbures d'une préparation à l'autre. Pourtant, les variations, pour une suspension donnée, ne sont pas supérieures

(*) Séance du 28 février 1949.
(¹) C. Zobell, *Bact. Rev.*, 10, 1945, p. 1.
(²) Dixon, *Manometric Methods*, Cambridge, 1934.

à 5 % et les résultats restent ainsi comparables. Signalons aussi que la phase de latence, d'habitude non observable, peut atteindre jusqu'à une demi-heure pour quelques suspensions.

Suspension Nos.	Substrat.	Q_{O_2}.	Suspension Nos.	Substrat.	Q_{O_2}.
2...	néant	18	8...	Huile de paraffine	42,0
6...	–	12	6...	Glucose	47,0
10...	–	15	6...	Alcool éthylique	62,0
2...	heptane	28,5	6...	Glucose + heptane	85,0
6...	–	32,8	6...	Alcool + heptane	60,5
8...	–	34,5	6...	Glucose + alcool	99,5
10...	–	38.0			

Une deuxième série d'expériences infirme le rôle des phosphates dans l'oxydation des hydrocarbures, Haas ([3]) ayant estimé qu'une concentration minima de ceux-ci est indispensable. Nous avons comparé les consommations d'oxygène d'une même culture de *Pseudomonas æruginosa* en suspension : *a*. dans l'eau saline et *b*. dans le tampon des phosphates; l'intensité respiratoire est sensiblement la même dans ces deux cas.

Une troisième série était consacrée à l'étude de l'influence du glucose et de l'alcool éthylique. La présence simultanée de glucose et d'hydrocarbure entraîne une consommation d'oxygène toujours supérieure à celles qu'on observe avec l'hydrocarbure seul ou le glucose seul, mais inférieure à leur somme. Ce phénomène, signalé déjà par Johnson ([4]) et ses collaborateurs pour *Bact. aliphaticum*, signifierait qu'une partie des enzymes en œuvre est la même. On peut observer aussi pour *Ps. æruginosa* le même phénomène en cas de présence simultanée de glucose et d'alcool. Par contre, en présence simultanée d'alcool et d'hydrocarbure, Q_{O_2} ne montre que la valeur caractéristique (habituelle) obtenue pour l'alcool seul. Ainsi tout se passe comme si l'alcool était seul attaqué, ce qui indiquerait un blocage complet du mécanisme de l'oxydation des hydrocarbures.

Enfin, une quatrième série de mesures avait pour but de déterminer l'influence du cyanure de potassium et de l'uréthane; l'oxydation des hydrocarbures et celle de l'alcool et du glucose sont sensibles à l'action inhibitrice de ces deux composés.

De ces résultats nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Les phosphates ne sont pas indispensables pour l'oxydation des hydrocarbures par des cellules non proliférantes de *Pseudomonas æruginosa*.

2° Les enzymes, actifs dans la dégradation aérobie des hydrocarbures, du

(3) *Thèse*, Manhattan, Kansas 1942.

(4) F. H. JOHNSON, W. T. GOODALE et J. TURKEVICH, *J. Cellular. Comp. Physiol.*, **19**, 1942, p. 163.

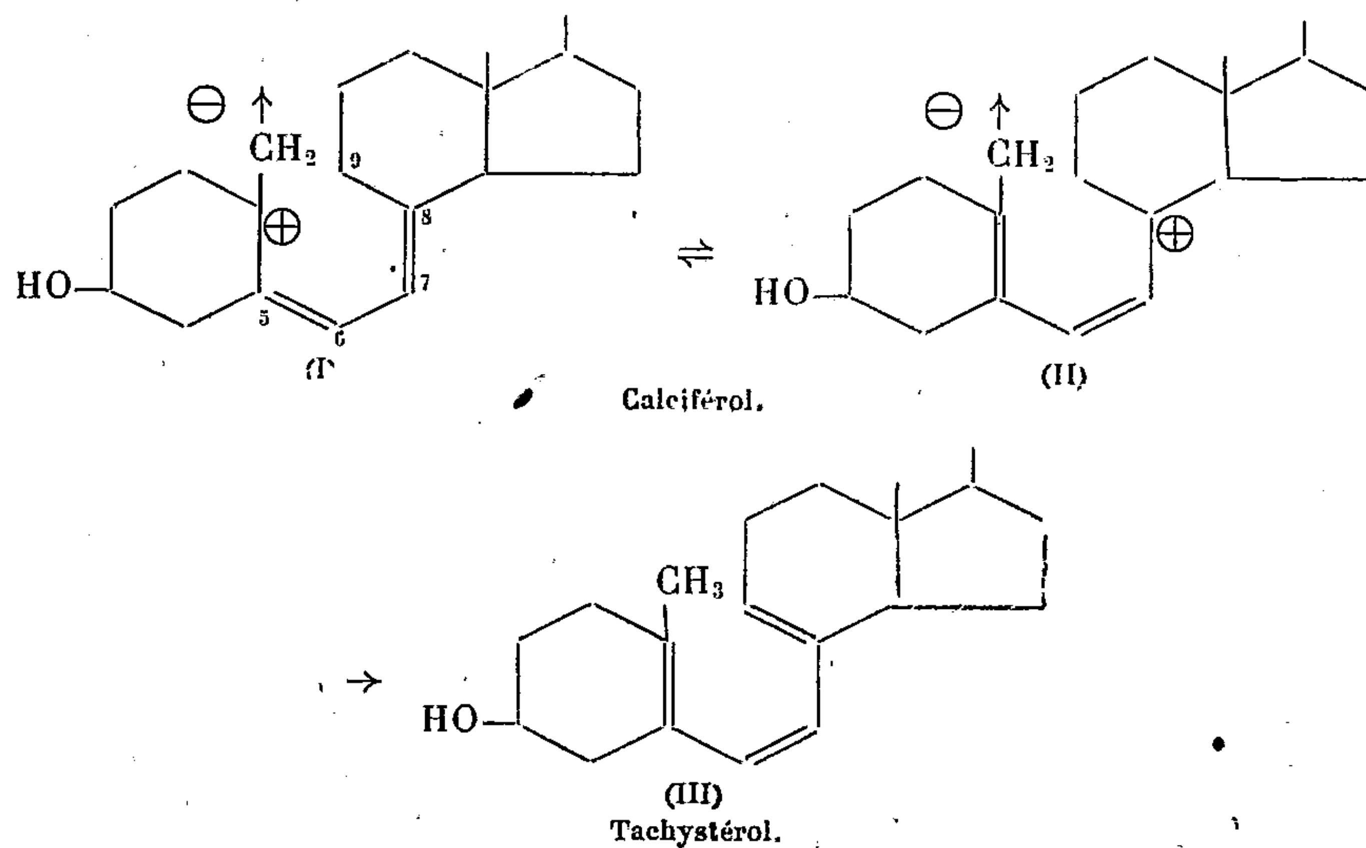
glucose et de l'alcool, sont constitutifs (dans le sens de Karström). L'observation d'une phase de latence pour quelques suspensions est probablement due aux variations d'état physiologique de la culture.

3° L'oxydation des composés étudiés est inhibée par le cyanure de potassium et l'uréthane, ce qui indiquerait le rôle déterminant des déshydrases et également du complexe d'activation de l'oxygène (Warburg-Keilin) dans ce genre de décomposition.

4° Une partie des enzymes qui effectuent la dégradation des hydrocarbures, du glucose et de l'alcool est la même; il n'y a donc pas de mécanisme enzymatique adapté spécifiquement à l'oxydation des hydrocarbures.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Préparation d'un tachystérol se transformant spontanément en vitamine* D *à l'aide d'un réactif ionisant transparent.* Note de MM. **Yves Raoul, Jean Chopin, Paul Meunier** et Mlle **Noëllie le Boulch**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au contact d'un corps ionisant, le calciférol est, comme on sait ([1]), susceptible de mésomérie de type (I) ↔ (II), l'ion (II) pouvant donner lieu à la formation d'un corps ayant les propriétés principales du tachystérol (III) (pouvoir rotatoire lévogyre, absorption maxima à $292^{m\mu}$).



(I) Calciférol. (II)

(III) Tachystérol.

Pour faciliter l'étude des composés au fur et à mesure de leur formation, nous utilisons un réactif ionisant *transparent* constitué par du dichloréthane symétrique (É 83°) diversement activé. Certains échantillons techniques de ce solvant sont suffisamment actifs, ce qui n'est pas le cas du corps rectifié. La

([1]) G. Thibaudet, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 751; P. Meunier et A. Vinet, *Chromatographie et mésomérie*, Paris, 1947, p. 96.

dichlorhydrine du glycérol technique est généralement un bon agent d'activation, quand on l'ajoute dans la proportion de 1 % au dichloréthane rectifié. On peut aussi composer un réactif d'activité variable en ajoutant 0,02 à 0,2 % de chlorure d'acétyle.

Partant de calciférol bien pur ([2]) (absorption maxima à $265^{m\mu}$, légèrement déplacée vers $270^{m\mu}$ dans le dichlorhétane rectifié), l'action ionisante des traces de chlorure d'acétyle ou de tout autre agent d'activation se traduit par un *déplacement progressif du maximum d'absorption vers les grandes longueurs d'onde. Le spectre typique du tachystérol* (maximum à $292^{m\mu}$ et deux légers épaulements à 280 et $305^{m\mu}$) apparaît d'autant plus vite que le réactif est plus ionisant. $E^{1\%}_{1cm}$ à $292^{m\mu}$ peut dépasser 1000 (valeur beaucoup plus grande que celle indiquée par Windaus, Werder et Luttringhaus ([3]). Ce coefficient est lui-même d'autant plus élevé que le réactif est plus efficace, mais il diminue ensuite avec le temps pour se stabiliser vers 5 à 600. Parallèlement, le pouvoir rotatoire, de dextrogyre, devient progressivement lévogyre et d'autant plus que le réactif est plus énergique; ici encore il finit par se stabiliser à une valeur moyenne $(\alpha)_D = -70$.

Si l'on arrête l'effet ionisant dès que la courbe d'absorption U. V. caractéristique du tachystérol est observée, en ajoutant un alcali et en passant dans un solvant moins activable comme l'éther de pétrole, la nouvelle solution de tachystérol ainsi obtenue est d'une *extrême instabilité. Elle est susceptible, par très léger chauffage, ou même spontanément si tout effet ionisant est strictement éliminé, de se transformer totalement en calciférol* (maximum d'absorption à $265^{m\mu}$). En cherchant à préparer l'ester 3.5-dinitro 4-méthyl-benzoïque de notre tachystérol, nous sommes même involontairement retombés sur l'ester correspondant du calciférol (F tube capillaire non corrigé 123-125° C. ([4]); *analyse* : calculé % C 71,49; H 8,0; N 4,63; trouvé C 71,71; H 8,3; N 4,93). Par saponification, on obtient un calciférol (F tube capillaire non corrigé 111° C. $(\alpha)_D = +109$, alcool. $E^{1\%}_{1cm}$ à $265^{m\mu}$: 475, alcool. Contrôle physiologique en cours).

Par contre, si l'on prolonge l'action ionisante pendant assez longtemps, le tachystérol se maintient avec $E^{1\%}_{1cm}$ à $292^{m\mu}$ de 3 à 500 et $(\alpha)_D$ à environ -70. Ces préparations ne peuvent plus donner de *calciférol que par irradiation.*

([2]) Obligeamment fourni par M. Paul et M. Velluz.

([3]) *Ann. der Chem.*, 499, 1932, p. 188.

([4]) Ce point de fusion est de 7 à 10° plus élevé que celui qui est d'ordinaire mentionné pour cet ester. Ce fait est peut être en rapport avec l'existence d'isomères géométriques pressentie par Velluz, Petit et Amiard (*Bull. Soc. Chim.*, 1948 p. 1115) et par Crowfoot et Dunitz (*Nature*, 162, 1948, p. 608) et peut-être comparable, dans une certaine mesure, avec la transformation *cis* $\rightleftharpoons$ *trans* de la vitamine A, telle que Meunier et Jouanneteau la suggèrent (*Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 260).

Ces constatations évoquent certains traits de la transformation thermique en calciférol d'un corps isolé par Velluz et Amiard ([5]) et nommé par ces auteurs *précalciférol*. Le point de départ de ces recherches et celui des nôtres étant situés aux deux extrémités des chaînes de réactions invoquées, il conviendra de préciser par la suite les points communs de ces divers travaux.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude sur les* cultures affrontées (*moisissures et souche virulente de* BK-*bovin*). Note de M. **Gontran Gillissen**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai démontré avec de Luna, Morel et Vincent l'effet bactériolytique de toute une gamme de moisissures vis-à-vis du BK de Courmont, quand on cultive ces moisissures sur une culture homogène de ce bacille, phénomène correspondant à *l'antagonisme provoqué* de Schiller ([2]). Dans une autre Note ([3]) j'ai essayé d'expliquer ce phénomène par une action enzymatique. Les essais décrits aujourd'hui ont pour but d'examiner l'antagonisme entre deux moisissures [*Penicillium notatum* 832 ([1]) ([3]) et *Aspergillus flavus* AAMR ([4])] et une souche virulente de BK-bovin ([3]). Comme milieu de culture j'ai employé un milieu Czapek-Dox modifié ([5]).

On cultive à 30° les moisissures en tubes inclinés contenant 10^{cm^3} de milieu et 10^{mg} de BK en suspension (tubes témoins sans moisissures). Après 8 jours d'incubation, on injecte sous la peau le liquide de chaque tube à des cobayes de 300^g. On constate une survie des cobayes de 3 à 4 semaines par rapport aux cobayes-témoins, résultat correspondant à ceux obtenus par exemple par Bustinza ([2]), Waksmann ([2]) ou Khagieskù ([6]). Quand on emploie cette méthode en remplaçant le BK par $0^{cm^3},75$ de tuberculine brute (Institut Pasteur) pour 10^{cm^3} de milieu de culture, on constate, après injection au cobaye tuberculeux, que les témoins sont morts au bout de 24 heures, tandis que les autres (où la tuberculine a subi l'influence des moisissures) restent vivants, résultat analogue à celui obtenu par Vaudremer ([7]) et Miller et Rekate ([8]).

([5]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 692.

([1]) *VIII*e *Congrès Chim. biol.*, 6 octobre 1948. Déposé au mois de juillet 1948.

([2]) Bibliographie, *voir* (1) et (3).

([3]) *VIII*e *Congrès Chim. biol.*, 6 octobre 1948, Déposé au mois de juillet 1948.

([4]) Risler, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 983; *Bull. Acad. nat. Méd.*, 23 novembre 1948; *C. R. Acad. d'Agricult.*, 27 octobre 1948.

([5]) Vincent, *Bull. Soc. Chim. biol.*, séance du 16 novembre 1948.

([6]) Mira, Gorondacha et Grechianus, *Probl. Tuberc.*, **1**, 1947, p. 42.

([7]) *Ann. Inst. Pasteur*, **24**, 1910, p. 189.

([8]) *Science*, **100**, 1944, p. 172.

En me basant sur des observations antérieures (1, 3) j'ai essayé de déterminer une activité antituberculeuse dans le filtrat de culture. De grandes boîtes de Petri (18^{cm}, 5) contenant chacune 5^g de BK autoclavé en suspension dans 80^{cm^3} de milieu de culture, ont été ensemencées avec ces moisissures (témoins sans BK). Après 5 jours d'incubation à 30°, on filtre sur bougie L 7, on ajoute à 7^{cm^3} de filtrat en tubes à essais 3^{mg} de BK. Après 48 heures d'incubation à 37°, on injecte le contenu de chaque tube à un cobaye de 300^g. On ne constate pas de survie appréciable des cobayes par rapport aux cobayes témoins; mais le filtrat d'une vieille culture (14 jours) sans BK est un peu toxique pour ce bacille.

Pour déterminer l'activité d'un précipité enzymatique, on prépare les mêmes cultures et l'on met dans chaque tube le précipité obtenu à partir de 100^{cm^3} de milieu de culture, en ajoutant 5^{mg} de BK en suspension dans 3^{cm^3} de milieu Czapek-Dox modifié. En partant des mycelia, on met dans chaque tube le précipité obtenu de l'extrait de 4 mycelia (méthode 3). Après 48 heures d'incubation à 37° on injecte le contenu des tubes aux cobayes.

Résultat. — Seuls les cobayes traités avec le BK exposé au précipité issu des mycelia des cultures affrontées sont encore vivants 7 mois après la piqûre, tandis que les autres sont morts au bout de 2 à 3 mois.

Les tentatives de traitement avec une dose journalière de 8^{cm^3} de filtrat de culture (exempt de corps microbiens) — ayant contenu du BK ou de la tuberculine ([5]) — ont toutes échoué. Il en est de même avec 5 et 10^{mg} de précipité à partir d'un mycélium de « cultures affrontées » ayant seul une activité nette *in vitro*. D'un autre côté le BK altéré par la moisissure a un pouvoir vaccinant semblable à celui d'un BK autoclavé. J'explique donc les résultats favorables de Risler ([4]) ([9]) par un simple phénomène de Koch (1891). Une autre série d'essais de Risler ([10]) refaite avec la même méthode et la même moisissure a donné un résultat négatif.

Résumé. — Le *Penicillium notatum* 832 et l'*Aspergillus flavus* AAMR sont capables, comme d'autres moisissures déjà décrites, de désintégrer un BK virulent et d'inactiver la tuberculine en « cultures affrontées ». Par précipitation à l'alcool-éther, il est possible d'obtenir, d'un extrait aqueux de mycelia jeunes d'une culture affrontée, une poudre active *in vitro* sur une souche virulente de BK-bovin.

([9]) Risler, German et Clegg, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 345.

([10]) Risler et Clegg, *C. R. Acad. d'Agricult.*, 12-1-49.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la structure du virus de la variole aviaire.* Note (*)
de MM. **Pierre Lépine**, **Pascu Atanasiu** et Mlle **Odile Croissant**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La microscopie électronique montre dans les virus dermotropes [virus vaccinal : Green, Anderson et Smadel (1); Sharp, Taylor, Hook et Beard (2); Giuntini, Croissant, Atanasiu et Reinié (3)] l'existence de zones opaques. Faisant agir à froid de la pepsine cristallisée Dawson et Mac Farlane (4) voient dans le virus vaccinal préparé par floculation au moyen de chlorure de sodium puis dispersion par les ultrasons, une partie centrale d'aspect nucléaire.

Nos recherches ont porté sur le virus de la variole aviaire dont nous avons précédemment étudié [Lépine, Atanasiu et Croissant (5)] la formation des inclusions (corps de Bollinger) par agglomération des corps élémentaires [corpuscules de Borrel (6)]. Le virus, cultivé sur la membrane chorio-allantoïde de l'œuf de poule est récolté au 7e jour [Atanasiu (7)] et le produit, recueilli en eau bi-distillée, est placé directement sur la membrane en collodion du porte-objet du microscope électronique. Après simple lavage, le virus n'ayant subi aucun traitement préalable (précipitation, centrifugation ou ultrasons) risquant d'altérer sa morphologie, est placé *in situ* en contact avec les enzymes essayés. Après l'action de l'enzyme, la préparation est lavée à l'eau bi-distillée, séchée, métallisée par évaporation oblique d'or et examinée au microscope électronique.

Sous l'action de la pepsine purifiée en solution à 10^{-3}, à pH 2,9 à 37°C. l'hydrolyse de la particule de virus débute au bout de 20 minutes et est terminée à la quarantième minute. Examiné directement et sans traitement, le virus ne montre, contrairement à la vaccine, aucune structure (*fig.* 1). Après 20 minutes d'attaque, il présente sur les bords un aspect crénelé (*fig.* 2), puis l'hydrolyse progresse vers le centre (*fig.* 3 et 4) et lorsqu'elle est complète (*fig.* 5) il reste un noyau central globuleux entouré d'une partie périphérique aplatie à rebords nettement délimités, évoquant un cytoplasme bordé par une membrane.

Les autres enzymes essayés (papaïotine, trypsine) sont dépourvus d'action,

(*) Séance du 14 mars 1949.

(1) *J. exp. Med.*, 75, 1942, p. 651.

(2) *Proceed. Soc. exp. Biol. a. Med.*, 61, 1946, p. 259.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 749.

(4) *Nature*, 161, 1948, p. 464.

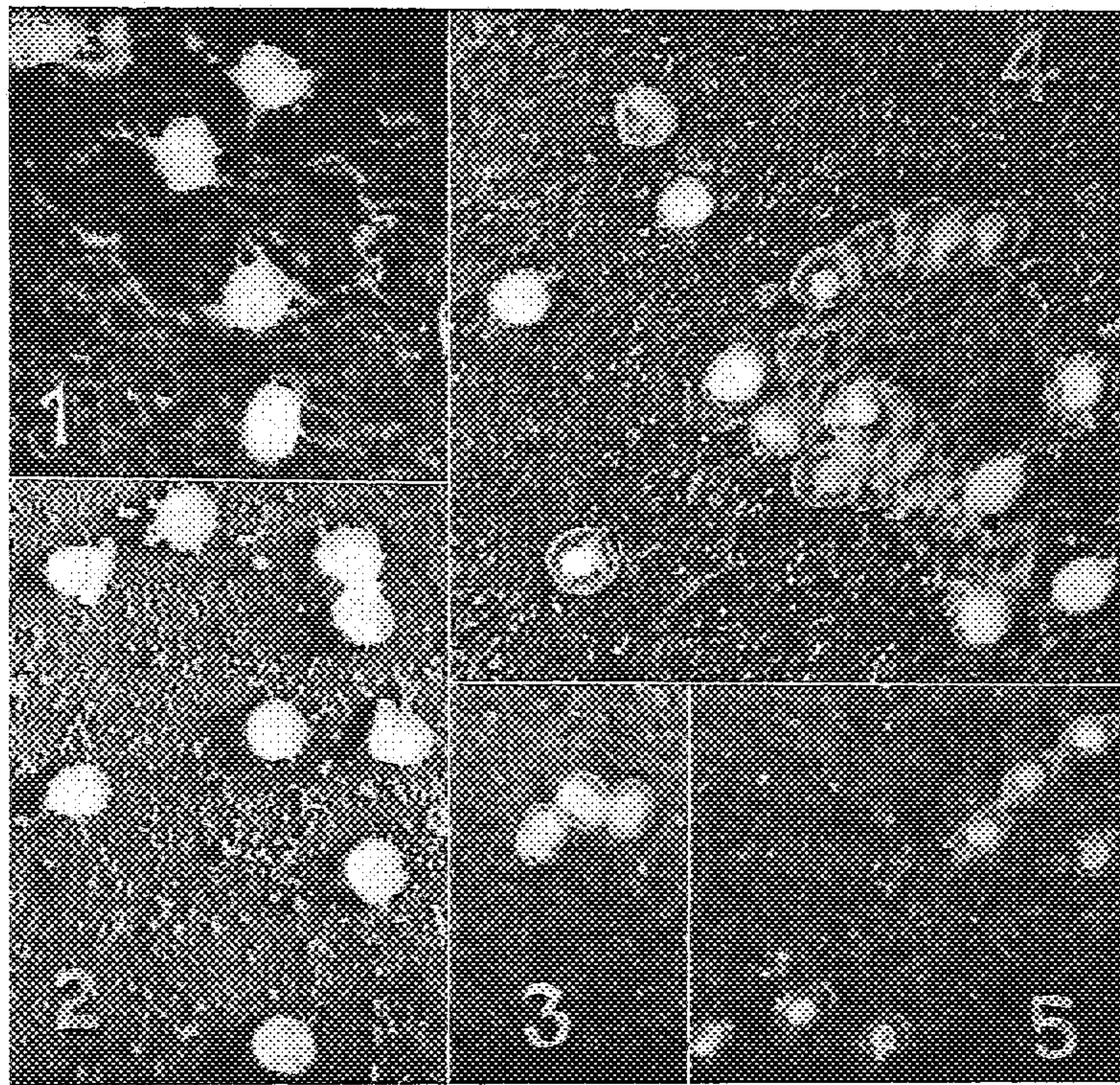
(5) *Ann. Inst. Pasteur*, 75, 1948, p. 279.

(6) *Ann. Inst. Pasteur*, 17, 1903, p. 81.

(7) *Ann. Inst. Pasteur*, 74, 1948, p. 418.

ou aboutissent en cours de digestion à des images du même type, avec moins de netteté.

Le venin de Daboïa (*Vipera russelli*) a, dans quelques essais, abouti à la formation d'une attaque centrale de la particule formant dépression en cupule, puis perforation annulaire gagnant de proche en proche la périphérie. Mais



1. Corps élémentaires du virus de la variole aviaire non traités. — 2. Début de l'attaque par la pepsine (20 minutes) : aspect crénelé de la particule. — 3, 4. Aspect du virus au cours de l'hydrolyse pepsinique. — 5. Après action de la pepsine (40 minutes) : aspect des corps élémentaires distinctement cellulaire, avec noyau central. Microscope électronique C. S. F., grossissement 24000, tension 45 kV.

ces résultats sont irréguliers, probablement par suite de l'instabilité de la ribonucléase active dans le venin.

On peut se demander si les images obtenues par digestion pepsinique ne sont pas un résultat de l'attaque progressive par la périphérie, la partie centrale n'ayant pas encore subi l'action de l'enzyme; nous pensons que cette hypothèse a contre elle l'action limitée de la pepsine laissant un résidu nucléaire et l'attaque centrale par le venin de Daboïa.

Conclusion. — Après action de la pepsine on voit apparaître dans le virus de la variole aviaire une formation centrale, suggérant une structure physiologiquement différenciée, de morphologie nucléaire, l'ensemble de la particule revêtant l'aspect d'un organisme cellulaire doté d'un noyau central et d'un

cytoplasme périphérique. Cet aspect, complétant les données histochimiques [Lépine et Sautter ([8])], conduit à attribuer aux virus dermotropes une structure interne proche de celle des bactéries.

MICROBIOLOGIE. — *Encéphalite consécutive à l'inoculation cornéenne de neurovaccine chez le Lapin traité par la hyaluronidase.* Note (*) de MM. ROBERT BÉQUIGNON et LOUIS REINIÉ, présentée par M. Léon Binet.

Ayant constaté ([1]) la réelle action favorisante de la hyaluronidase sur la diffusion du virus rabique fixe, nous avons poursuivi les essais en nous adressant au virus neurovaccinal, vu son intérêt dans la pathogénie éventuelle de l'encéphalite post-vaccinale.

Lucksch ([2]), Blanc et Caminopetros ([3]) ont pu constater des encéphalites chez des lapins inoculés sur la peau, la cornée, ou dans le testicule; Levaditi et ses collaborateurs ([4]), avec des souches neurovaccinales, n'ont pu, en aucun cas, déterminer une évolution clinique d'encéphalite à la suite d'inoculation par voie cornéenne ou cutanée.

C'est pourquoi nous pensons que les premiers résultats obtenus avec la vaccine chez le Lapin méritent d'être rapportés.

Nous avons fait trois séries d'expériences, portant chacune sur six animaux au minimum, répartis également en deux groupes, sujets d'expérience et témoins; ces derniers ont survécu comme il est de règle.

1. *Première série.* — En partant d'émulsion cérébrale de neurovaccine mise en contact 30 min à 22° avec une suspension de hyaluronidase (soit 2 unités VRU). Scarification cornéenne. Au septième jour, injection dans la veine de l'oreille de 20 unités VRU de hyaluronidase. Un animal succombe le huitième jour avec des signes d'encéphalite, les cultures du cerveau et du cœur étant négatives. Du cerveau de ce Lapin on fait une émulsion au 1/10e en poids, dont une partie est inoculée aux fins de titrage éventuel (de 10^{-3} à 10^{-8}) par voie dermique à deux animaux sans aucune réaction locale.

Une autre partie est inoculée dans le cerveau (titre 10^{-1}) de deux autres lapins, qui succombent l'un et l'autre au cinquième jour avec signes et lésions d'encéphalite neurovaccinale, et lésions de neurovaccine cutanée typique avec nécrose centrale chez les animaux de passage.

([8]) *Ann. Inst. Pasteur*, 72, 1946, p. 174.

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) R. BÉQUIGNON, A. BUSSARD et C. VIALAT, *Annales de l'Institut Pasteur* (sous presse).

([2]) *Zentrabl. Bakt.*, 96, 1925, p. 309.

([3]) *Annales Institut Pasteur hellénique*, 1, 1924, p. 175.

([4]) C. LEVADITI, S. NICOLAU et V. SANCHIS-BAYARRI, *Presse médicale*, n° 35, 1927, p. 161.

2. *Deuxième série.* — Émulsion de virus neurovaccinal cultivé sur membrane chorio-allantoïde inoculé en scarifications cornéennes. Les Lapins reçoivent en injections quotidiennes dans la veine marginale (4 jours) 20 unités VRU. Un lapin succombe le septième jour. Cultures du sang négatives. L'émulsion de son cerveau au titre de 10^{-1} détermine au troisième jour, chez les animaux inoculés par voie intradermique une papule de dimension modérée, non hémorragique, témoignant de la présence indiscutable, bien que minime, de virus vaccinal dans le cerveau de ce Lapin, confirmée par les passages par voie intracérébrale.

3. *Troisième série.* — Même expérience, mais en partant de corpuscules élémentaires de neurovaccine préparés à partir de membrane chorio-allantoïde. Un lapin succombe au cinquième jour après trois injections de 20 unités VRU de hyaluronidase et avec les mêmes signes cliniques, les mêmes résultats des passages ultérieurs par voie dermique ou intracérébrale que précédemment.

Il est à noter que les coupes histologiques du névraxe n'offrent pas, sauf chez le Lapin de la deuxième série, les lésions avec réaction mésodermique typiques de l'encéphalite. Il s'agit de petits foyers, centrés sur un vaisseau, siégeant dans le cortex et dans le mésocéphale. Par contre, nous n'avons pu mettre en évidence les lésions de démyélinisation qui représentent classiquement la lésion majeure de l'encéphalite post-vaccinale humaine.

Ainsi il est possible de déterminer une encéphalite vaccinale chez le Lapin à la suite de scarifications cornéennes de neurovaccine, qu'il s'agisse d'émulsion cérébrale, de membrane chorio-allantoïde ou de corpuscules élémentaires neurovaccinaux, et cela dans un tiers des cas, après injection intraveineuse de hyaluronidase.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la stabilisation des suspensions sporulées de* B. anthracis *par l'action de certains antiseptiques,* Note de MM. **P.-Louis Delpy** et **H. Mir Chamsy**, présentée par M. Gaston Ramon.

Les suspensions de *B. anthracis* destinées à préparer des vaccins sont constituées à l'origine par un mélange de myceliums et de spores de souche atténuée et vivante.

Avant de titrer ces suspensions pour déterminer les doses vaccinales, il est nécessaire de les stabiliser. La stabilisation comprend d'une part l'élimination des formes mycéliennes. En effet, selon les conditions de conservation, les myceliums pourraient, après titrage, soit perdre leur vitalité, soit se multiplier, soit sporuler, ce qui entraînerait des variations imprévisibles mais éventuellement importantes de l'activité du vaccin. D'autre part, la stabilisation comporte la mise en sommeil des spores dans un milieu qui n'altère ni leur vitalité ni leur pouvoir antigénique, mais qui s'oppose à leur germination :

une germination secondaire entraînerait, d'abord la multiplication des formes mycéliennes et une activité excessive, voire dangereuse de l'antigène, puis serait suivie de la lyse des myceliums et de la disparition à peu près totale du pouvoir antigénique.

La seule substance qui ait permis jusqu'ici de réaliser la stabilisation des suspensions sporulées de *B. anthracis*, est la glycérine pure et neutre, à une dilution convenable. En ce qui concerne les vaccins liquides et simples, elle donne des résultats satisfaisants ([1]).

Par contre, la glycérine ne saurait être employée pour la préparation des vaccins desséchés sous congélation, ni pour la préparation de vaccins mixtes comprenant par exemple *B. anthracis* et un autre antigène susceptible d'être détruit par cet alcool. Nous avons donc cherché, parmi divers antiseptiques et bactériostatiques, un produit qui présente les avantages de la glycérine, sans en présenter les inconvénients. Celui qui nous a donné les meilleurs résultats est le sodium éthyl mercuri thiosalicylate (Merthiolate Lilly).

1. Si une suspension de spores et de myceliums de *B. anthracis* en eau physiologique est additionnée de merthiolate dans la proportion de 1 pour 20 000, on observe après 4 jours, la disparition totale des myceliums, tandis que le nombre des spores, calculé par numération directe, ou par cultures après lavage, reste identique.

2. Les spores suspendues quatre jours au plus, dans une solution à 1 pour 20 000 de merthiolate, centrifugées, puis ensemencées, donnent des cultures normales. Si le taux du merthiolate est porté à 1 pour 1000, les spores simplement centrifugées ne sont plus repiquables. Pour leur restituer leur aptitude végétative normale, il est nécessaire de pratiquer cinq lavages et centrifugations en eau physiologique. Par contre, si les spores simplement centrifugées et non cultivables sont inoculées à un animal réceptif, leur pouvoir pathogène se révèle intact.

3. Dans la solution de merthiolate à 1 pour 20000, le nombre et les propriétés biologiques des spores atténuées (vaccin) ne subissent aucune modification pendant au moins un an. En particulier, les propriétés immunisantes restent identiques.

4. Les suspensions en eau physiologique merthiolatée peuvent être congelées et desséchées dans les conditions habituelles. Les spores ainsi traitées, remises après une année en suspension dans l'eau distillée, présentent les mêmes propriétés biologiques qu'avant dessiccation.

5. Au taux de 1 pour 20000, le merthiolate constitue un bactériostatique

---

([1]) L. P. Delpy et M. Kaweh, *L'infection charbonneuse des animaux et de l'homme en Iran. Condition de préparation et d'utilisation d'un vaccin sporulé et stabilisé* (*Archives Inst. Hessarak*, fasc. 4, 1946, p. 3-48).

efficace contre la plupart des germes de souillure non sporulés. Il permet donc de manipuler le vaccin, aussi bien à la préparation qu'à l'emploi, dans de bonnes conditions de sécurité.

CHIRURGIE. — *Divers syndromes d'hypoglycémie d'origine pancréatique (indications chirurgicales).* Note (*) de M. **Pierre Brocq**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons observé et opéré trois cas d'hypoglycémie spontanée.

Observation I, longtemps suivie par R. Garcin, et déjà publiée à l'Académie de Chirurgie. — Les accidents d'hypoglycémie allaient jusqu'au coma complet. Le taux du sucre sanguin descendait très bas, parfois à 0,25 °/₀₀. Des injections intra-veineuses de sérum glucosé faisaient sortir la malade du coma. La résection large d'une grosse tumeur encapsulée de la queue du pancréas fut suivie du retour à la normale de la glycémie et d'une guérison spectaculaire pendant neuf mois. Malheureusement, la tumeur, qui se présentait histologiquement comme un adénome bénin, récidiva, fut enlevée une seconde fois et entraîna, au bout de 15 mois, la mort avec métastases hépatiques. Le diagnostic histologique est difficile dans ces cas par suite de l'ignorance de critères certains de malignité, comme c'est le fait pour d'autres tumeurs endocriniennes (tumeurs de la granulosa en particulier).

Cette observation appartient au groupe le mieux connu, celui où une tumeur bénigne ou maligne provoque les accidents d'hypoglycémie, ce qui en justifie l'exérèse. Les deux autres observations, par contre, ne s'accompagnent pas de lésions macroscopiques du pancréas :

Observation II. — Une malade de 34 ans présente au cours d'une dystonie des voies biliaires et urinaires, un état lipothymique intermittent avec asthénie extrême, dont l'horaire et l'aspect orientent vers l'hypoglycémie. Les glycémies répétées révèlent un abaissement du glucose à 0,60 °/₀₀. Une courbe montre le synchronisme des accidents nerveux et des chiffres les plus bas du glucose sanguin.

Observation III. — Une étudiante de 21 ans accuse depuis six mois des troubles digestifs imprécis, une asthénie avec troubles visuels, un amaigrissement de 10^{kg}. L'horaire des troubles les plus marqués et aussi des sueurs profuses font rechercher le taux du sucre sanguin, qui se situe après de nombreux examens entre 60 °/₀₀ et 0,80 °/₀₀ en moyenne.

La résection de la queue et du corps du pancréas a été suivie dans le premier cas d'une amélioration considérable, dans le second d'une quasi-guérison qui se maintient depuis plus d'un an.

Les examens histologiques dans ces deux cas ont montré une augmentation du nombre des îlots de langerhans, les uns de volume normal, les autres très petits, et une augmentation du nombre des cellules du type B (à sécrétion d'insuline). Les images observées, polynésie avec micronésie et augmentation des cellules B sont comparables à celles que J. Verne a obtenues au cours de

(*) Séance du 14 mars 1949.

dérivations des voies biliaires qui aboutissaient à des états hypoglycémiques. Cet aspect n'est pas constant dans toutes les observations analogues aux nôtres. Est-il donc légitime de dissocier ce vaste groupe des hypoglycémies, dites fondamentales, et d'opposer les cas avec polynésie et augmentation des cellules B à ceux où le tissu pancréatique paraît normal, tout au moins dans la répartition numérique des îlots et de leurs cellules? Cette opposition mérite-t-elle d'être retenue ? On peut en effet se demander si cette modification constitue le phénomène initial, ou bien si elle n'est que la conséquence du déréglement de la fonction insulinique dans le cours de son évolution.

La pathogénie de l'hypoglycémie est discutable : *Origine hormonale* par hyperactivité des îlots de Langerhans ou par insuffisance d'une hormone antagoniste de l'insuline, ce qui équivaut à accroître la prépondérance de cette dernière; à ce propos, on a insisté sur le rôle hypothétique de la surrénale et de l'hypophyse. *Origine nerveuse*, centrale, diencéphalique (Zunz et La Barre). *Déréglement de la voie de conduction* du système glyco-régulateur, c'est-à-dire essentiellement du nerf vague. Notre observation II montre l'importance de la dystonie neurovégétative, d'origine vagale (troubles dystoniques biliaires vérifiés par la radiomanométrie, troubles dystoniques urinaires). Cependant, insister sur le rôle du système vago-sympathique ne fait que reculer le problème, car il faut trouver la cause de ce déréglement.

En thérapeutique, il convient d'opposer les hypoglycémies avec ou sans lésions macroscopiques du pancréas. Dans le premier cas, tumeur langerhansienne, l'indication majeure est la suppression de cette tumeur. Le seul point discutable est l'étendue de la résection glandulaire. Même en cas de tumeur bénigne, la résection de la masse perceptible peut laisser dans le pancréas un adénome capable de se développer secondairement. Assez souvent, on a dû intervenir de nouveau deux ou trois fois. Aussi la plupart des auteurs conseillent-ils d'explorer toute la glande et de réséquer d'emblée la queue et une partie du corps de l'organe lorsque, ce qui est le cas le plus fréquent, la tumeur se trouve à gauche. Peut-être, s'il s'agit d'une tumeur dont la malignité est possible ou douteuse, vaudrait-il mieux recourir d'emblée à la pancréatectomie subtotale ou même totale, opération sévère, mais possible à ce stade. L'avenir dira si cette extension de la résection est contestable ou justifiée.

Tout autre est le problème thérapeutique dans les hypoglycémies fonctionnelles. Actuellement, le seul procédé qui ait permis de freiner ces hyperinsulinismes est la pancréatectomie de réduction, aussi large que possible. Elle a donné d'incontestables guérisons, à côté d'échecs ou de résultats temporaires. Cependant, rien n'indique l'importance à donner à la résection. Sans doute la pancréatectomie de réduction conservera-t-elle une indication dans les cas où les examens anatomo-pathologiques révéleront une polynésie avec augmentation des cellules B, si l'on parvient à trouver la valeur exacte de cette constatation. Dans nos observations II et III, la glycémie est revenue à la normale, mais alors

qu'elle est stable dans l'observation III, elle reste instable dans l'observation II, sans reproduction toutefois des accidents hypoglycémiques.

Il n'est certes pas question d'opérer tous les malades atteints d'hypoglycémie spontanée. Mais, après étude prolongée, essais du régime alimentaire, traitement de la dystonie neuro-végétative (calcium, atropine, phénédrine, alloxane), la pancréatectomie de réduction reste, dans l'état actuel, une ressource très appréciable.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $17^h 15^m$.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 21 février 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Félix Lucam*, La peste aviaire en France. Sa prophylaxie par vaccination à partir du virus de culture :

Page 723, ligne 12, *au lieu de* on ajoute 5 % de formol, *lire* on ajoute 5 ‰ de formol.

Note présentée le même jour, de M. *Jean Martin*, Liaisons gravimétriques internationales :

Page 659, Tableau II, ligne 2, *au lieu de* Greewich, *lire* Greenwich.
» 660, Tableau III, ligne 1 en haut et à droite, *au lieu de* Greewich, *lire* Greenwich.

Note présentée le 14 février 1949, de MM. *Léon Velluz* et *Gaston Amiard*, Le précalciférol :

Page 693, dans les trois dernières colonnes du Tableau, *au lieu de* dinitribenzoate, *lire* dinitrobenzoate.

Note présentée le 24 janvier 1949, de M. *Guy Rio*, Dérivés acétyléniques de l'anthracène : corps halogénés de structure bisallénique :

Page 690, 12e ligne, *au lieu de* décrit pas dans une Note, *lire* décrit dans une Note.

(*Comptes rendus* du 28 février 1949.)

Note présentée le même jour, de M. et Mme *Étienne Vassy*, Variation diurne de la température moyenne de l'ozone atmosphérique :

Page 764, 20e ligne, *au lieu de* Dorson, *lire* Dobson.
» » 25e ligne, *au lieu de* longeurs, *lire* longueurs.
» » 2e ligne de la note (1) en bas de la page, *au lieu de* 1946, *lire* 1948.
» 765, 2e ligne, *au lieu de* Bobson, *lire* Dobson.

Note présentée le 21 février 1949, de MM. *Jean Loiseleur*, *Robert Wahl* et Mlle *Muguette Sauvage*, Effets des injections de rappel sur le taux des anticorps des molécules organiques de faible poids moléculaire :

Page 786, figure, *au lieu de* 12 injections, *lire* 42 injections.

(*Comptes rendus* du 7 mars 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *André Charrueau*, Sur les faisceaux de complexes linéaires :

Page 804, ligne 36, *au lieu de* $\rho_{k'} = \rho'_1$, *lire* $\rho_{k'} = \rho_1^{k'}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MARS 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Jacob** rend compte de son voyage à Auckland, où il représentait l'Académie, avec M. **Roger Heim**, au septième Congrès scientifique du Pacifique.

BOTANIQUE. — *Sur une Virose remarquable ayant fait apparaître une espèce linnéenne nouvelle par mutation de la Cymbalaire des murailles.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

La plante dont il est question ici a déjà fait l'objet de nombreuses remarques depuis qu'elle fut décrite par nous il y a une quinzaine d'années sous le nom de *Cymbalaria Toutoni* Chev.

Son aspect est très différent de la Cymbalaire commune (*C. muralis* Gunth.); les feuilles hétéromorphes sont profondément 2-6 lobées, parfois même plurifoliolées, rarement n'ayant qu'une foliole lancéolée entière, souvent munies sur les bords de petits appendices linéaires ou spatulés, ceux-ci accompagnés ou non à la base d'un très petit bourgeon; les fleurs sont souvent anormales; tous ces caractères sont si particuliers qu'on n'hésite pas, au premier abord, à la regarder comme une bonne espèce linnéenne et c'est comme telle que nous l'avons décrite en 1936. Ses caractères anormaux stables quoique variables sur les organes d'un même individu font penser à une monstruosité, mais la plante se reproduit par graines depuis douze ans, semblable à elle-même. Elle se maintient par semis spontané sur des murs où elle a été ensemencée une première fois et sur ces murs elle vit en mélange avec *C. muralis*, tout en restant bien distincte. On peut la multiplier par semis ou par bouturage sans qu'il apparaisse des formes intermédiaires, sauf dans les semis où l'on observe quelques retours au type. En vérité, il semble qu'on se trouve en présence d'une néoespèce apparue par mutation et cette plante nous a paru longtemps un remarquable exemple d'espèce nouvelle née presque sous nos yeux et qui

se maintient depuis déjà quatorze ans, mais dont on ne connaît toujours que les descendants du plant initial (il existait en réalité trois touffes lors de la découverte).

Historique. — *C. muralis* est une espèce originaire de la région méditerranéenne orientale, mais elle est acclimatée depuis de nombreux siècles dans une grande partie de l'Italie. Nous l'avons observée sur les ruines du Colisée à Rome, où elle existe sans doute depuis très longtemps. Elle est apparue en France depuis 150 ans environ et elle est aujourd'hui répandue sur les vieilles murailles dans tout le territoire, du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest. Elle est vivace, au Sud de la Loire; dans le Nord et le Nord-Ouest, elle gèle souvent et meurt en hiver pour réapparaître par semis naturel au printemps suivant. Elle est restée très homogène et c'est la forme *typica* qui existe presque partout, mais en diverses localités on voit apparaître aussi parfois des formes nouvelles peu différenciées. C'est ainsi qu'en 1912, Ed. Gerbault découvrit à Fresnay-sur-Sarthe (Sarthe) deux formes anormales *Linaria Cymbalaria* var. *anthirrhiniflora* et *L. Cymb.* var. *heterophylla* dont nous avons fait *C. Gerbaulti* Chev. Vingt-quatre ans plus tard M. J.-B. Touton, un botaniste mayennais, trouvait sur un vieux mur à Laval trois touffes très anormales d'un Cymbalaire qu'il nous montra sur place en juin 1936. Toutes les feuilles étaient profondément lobées et en coin à la base, au lieu d'être réniformes-cordées. Par leur aspect elles rappelaient *C. Gerbaulti* (qui n'a jamais été revu), mais les incisions des feuilles étaient beaucoup plus profondes, parfois même divisées en folioles distinctes; les fleurs et capsules présentent aussi des caractères spéciaux. C'est cette plante étrange que nous avons nommée dès 1936, année de sa découverte, *Cymbalaria Toutoni*, en la signalant comme une mutation.

M. Touton et nous-même la suivons depuis quatorze ans. Notre correspondant en récolta des graines dès 1937 et eut l'heureuse idée de la cultiver. Il constata que par semis ou boutures elle se maintenait, ne présentant que peu de retours au type. Elle est largement cultivée déjà en France en divers jardins botaniques ou chez des amateurs. Nous l'avons introduite en 1940 dans le Jardin alpin du Muséum de Paris, et grâce au concours de M. Guinet elle s'est répandue sur un mur, associée à la forme *typica* et au *C. pilosa* et elle s'y maintient, se ressemant d'elle-même depuis huit ans. Nous la cultivons aussi en pots depuis cette époque. Nous avons constaté ainsi qu'elle était plus fragile aux intempéries que la forme *typica*. En 1940, M. J.-B. Touton a publié une très intéressante Note accompagnée d'une planche due à M[lle] Vesque, sur cette remarquable plante. Il conclut que ce n'est ni un hybride, ni une monstruosité, ni une fascie. « C'est, dit-il, une mutation apparue sans qu'on en connaisse les causes. » M. Touton avait déjà observé en 1940 que sa plante fructifie abondamment, elle donne des graines qui reproduisent la mutation dans la proportion de 98 %. En 1943, cet observateur est revenu sur cette question.

Il constate que *C. Toutoni*, tout en étant très fertile (il donne habituellement de 30 à 50 graines par capsule), croît moins rapidement que *C. muralis*. Enfin il regarde comme hybride : *C. Toutoni* × *C. muralis*, une plante obtenue par lui qui en F_1 a l'aspect de *C. Gerbaulti*; en F_2 elle s'est scindée en deux formes : sur 430 plants, 305 rappellent le *muralis* avec des anomalies et 125 sont conformes au *Toutoni*. L'Auteur conclut que, par la disjonction, l'hybride suit la loi de Mendel, *C. muralis* ayant les caractères dominants. Ces hybrides seraient tout aussi fertiles que les parents.

Vers la même époque, un autre botaniste mayennais, M. R. Corillion, ayant cultivé *C. Toutoni*, a fait d'autres constatations; il constate que *C. Toutoni* produit fréquemment des fleurs aberrantes que nous avons observées aussi très souvent dans nos cultures : les unes sont irrégulières à 2 ou 3 éperons, d'autres ont la corolle polypétale régulière sans aucun éperon, et il considère celles-ci comme des pelories sans éperons; les capsules de ces plantes à maturité sont beaucoup plus petites et ne contiennent chacune que 2 à 4 graines.

En 1946-1947 tous les plants de *C. Toutoni* que nous cultivions à Paris en plein air furent détruits par les gelées. Heureusement il s'en ressema dans le Jardin alpin du Muséum, et c'est là que nous avons trouvé les plants que nous cultivons aujourd'hui en pots au Laboratoire pour les observer de plus près. Nous avons bientôt constaté que ces plantes présentent une foule d'anomalies : Sur les jeunes pousses s'observent des feuilles plus ou moins recroquevillées et dissymétriques, parfois repliées en ourlet; d'autres sont un peu boursoufflées ou même concaves en dessus, en forme de cupule, sur les bords ou sur la surface supérieure existent parfois de petits appendices filiformes. La plupart des fleurs sont anormales et nous les décrirons prochainement. De telles anomalies s'observent sur d'autres végétaux, notamment sur des plantes atteintes d'une virose. L'examen récent d'une étude de Henry H.-P. Séverin publiée dans le dernier numéro de la revue *Hilgardia* sur les maladies à virus de l'Épinard en Californie, nous a montré des anomalies avec laciniures assez semblables, dans le système foliaire des *Spinacia*. Il semble dès maintenant que *Cymbalaria Toutoni* est aussi la conséquence d'une virose.

ÉVOLUTION. — *Le Lamarckisme chimique*. Note (*) de M. **Paul Wintrebert**.

L'évolution, reconnue de tous, reste inexpliquée; j'ai tenté d'en saisir le mécanisme.

Discussion des théories. — Les fondateurs du transformisme, Lamarck et Darwin, conçoivent différemment le mécanisme de l'adaptation. Seul, Lamarck exalte le vivant et fait intervenir l'effort, le besoin de vivre, les habitudes, le comportement des organes. Rejetant l'effet direct des facteurs ambiants sur les

(*) Séance du 21 mars 1949.

animaux, il attribue leur adaptation aux réactions qu'ils opposent aux circonstances (1). Pour Darwin, au contraire, le vivant, aux prises avec les conditions de vie, réagit au hasard et doit à la rigidité inflexible du milieu, l'élimination de ses transformations fantaisistes; il est exclu de son destin. Cependant la Sélection naturelle ne joue sur l'être transformé aucun rôle actif; le milieu n'intervient sur lui que passivement; il n'est qu'un instrument de mesure de ses capacités, qu'un obstacle à franchir, devant lequel il se sélectionne lui-même.

La découverte des mutations a fait accomplir à l'évolutionisme un pas décisif et la correspondance entre elles et les gènes chromosomiens, établie par Morgan et son école, a jeté sur les mécanismes de l'hérédité et de la variation la plus vive lumière. Mais l'interprétation des mutations expérimentales demande réflexion. On peut les classer en trois catégories : 1° les *mutations provoquées* par des agents externes puissants, physiques ou chimiques (rayons X, radium, température, toxiques, etc.); 2° les *mutations dirigées*, soit par le doublement, chez les Hybrides, des garnitures chromosomiques, soit par les inductions organiques, issues d'un génotype étranger; 3° les *mutations imposées* par un changement de climat.

Les premières, obtenues en dehors de toute intervention du vivant, sont des mutilations directes des gènes les plus vulnérables, réalisant des variations quelconques, et généralement régressives. Dénuées de valeur évolutive, elles ont engendré, chez la Drosophile, dans le cadre de l'espèce, une véritable « cour des miracles ».

Les secondes, l'amphidiploïdie mise à part, répondent à l'incorporation dans un génotype, de gènes qu'il n'a pas créés et qu'il reçoit indirectement d'un autre génotype, par l'intermédiaire de ses inductions. Elles sont déterminées grâce à la mise en commun de leurs milieux organiques, la sève, le sérum, des sécrétions, des extraits et réalisées à l'aide de procédés tels que la greffe végétative [L. Daniel (2); T. D. Lyssenko (3)], le changement de la bactérie symbiotique chez les Myxobactéries [P. E. Pinoy (4)], le traitement de la moisissure *Neurospora* par un sérum antineurospora [S. Emerson (5)], d'une bactérie par l'acide désoxyribonucléique d'une autre bactérie [A. Boivin (6)]. Ces véritables *greffes de gènes*, effectuées par l'entremise de leurs enzymes, c'est-à-dire par voie somatique ou végétative, sont pleines d'enseignements. Elles nous apprennent qu'un organisme peut inscrire un gène dans son patrimoine en

(1) P. Wintrebert, *Arch. Zool. Exp. et Gén.*, 85, 1948, p. 151.
(2) *Étude sur la greffe*, 1930, III, p. 1282.
(3) *Europe*, octobre 1948, p. 57.
(4) *Bull. Ass. Diplom. Microb. Nancy*, n° 15, décembre 1937, p. 18-24.
(5) *Proc. Nat. Acad. Sc. U.S.A.*, 30, 1944, p. 179.
(6) *C. R. Soc. Biologie*, 142, 1948, p. 1272.

partant de son induction et que cette réalisation est plus aisée chez les êtres inférieurs que chez les supérieurs, où sa fixation héréditaire est sujette à caution. Elles ont conduit A. Boivin (6) à considérer le gène comme une « macromolécule nucléoprotéique particulière, devant sa spécificité fonctionnelle à la copule désoxyribonucléique qu'il contient ». De même, Lindegren (7), étudiant les levures, admet que le gène est formé d'un chromogène chromosomial et d'un cytogène enzymatique, capable d'automultiplication dans le cytoplasme et Sonneborn (8), chez *Paramæcium,* aboutit à une conclusion analogue. Cette dualité du gène est fort suggestive ; elle correspond à la double origine que je reconnais à sa formation, par l'union, d'une hormone anticorps, correspondant à l'acide désoxyribonucléique de A. Boivin et au cytogène de Lindegren, avec la macromolécule nucléoprotéique patrimoniale.

Les *mutations imposées* par un changement de climat sont les seules qui soient d'inspiration lamarckienne, parce que, seules, elles font intervenir le vivant dans la création des substances qui mènent à sa transformation.

Réfutation des objections faites au Lamarckisme. — L'abandon du Lamarckisme tient à deux objections principales, considérées jusqu'ici comme sans réplique : l'une d'ordre expérimental, la non-hérédité de l'acquis, l'autre cytophysiologique, explicative de la première, la séparation du soma et du germen. Mais l'autonomie du germen n'est soutenable aujourd'hui ni du point de vue embryologique (9), ni sur le plan physiologique, du fait des inductions hormonales, tant organisatrices que fonctionnelles, qui l'unissent au soma.

D'autre part, il est avéré que, chez l'embryon, les greffes d'organes déjà déterminés sont rebelles à toute induction transformatrice. On ne peut, dès lors, estimer que le progéniteur adulte, pleinement différencié, soit exempt d'obéir à cette loi et en mesure d'exprimer la variation acquise. Il ne convient pas de s'étonner, non plus, que les *somations* parentales soient inhéritées; elles ne représentent pas, en effet, la variation à transmettre et témoignent seulement de la lutte engagée par l'être vivant, dans le cadre de ses réactions spécifiques, pour sa sauvegarde.

Grâce à la génétique, le problème de la transmission de l'acquis change de face, en passant du plan morphologique au plan chimique. Il devient une question d'hormones et il importe de distinguer l'enregistrement du gène, du moment et des conditions de son activité. C'est évidemment le progéniteur qui varie; c'est lui qui inscrit dans ses cellules, tant génitales que somatiques, le gène mutant; mais sa forme propre, spécifique, ne cède que si la mutation effectuée est assez profonde pour briser les liens de sa différenciation et provoquer une métamorphose.

---

(7) *Proc. Nat. Acad. Sc. U.S.A.*, 32, 1946, p. 68.

(8) *Act. biochimiques*, d'après Jean Brachet, 9, 1947, p. 20.

(9) Wintrebert, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 13.

Mécanisme de l'évolution. — La conception du Lamarckisme chimique, née de ces données, cherche un appui dans les propriétés générales les plus élémentaires du vivant et le trouve dans les réactions d'immunisation qui opposent les anticorps aux antigènes. Sur ce thème, la mutation se réalise en trois temps : 1° la formation dans un organe, perturbé par le milieu, d'une substance étrangère à son comportement, révélatrice d'une altération chimique de ses mécanismes, manifestant dans sa structure la trace de son origine et faisant office d'antigène; 2° la réaction générale du système réticulo-endothélial et endocrinien qui neutralise l'effet pathologique de cet antigène par la production d'un anticorps spécifique, d'un enzyme adaptatif, qui relève la fonction déficiente et rétablit l'équilibre humoral, en présentant le caractère d'une hormone d'accompagnement, opportune et transitoire; 3° la combinaison chimique, éventuelle, de cette hormone adaptative avec la substance nucléoprotéique du patrimoine héréditaire.

La part du hasard et celle du vivant. — De ces trois étapes, antigénique, immunisante et mutationnelle, les deux premières, seules, sont l'œuvre du vivant. En les ignorant, la « génétique évolutive » aboutit à frustrer le vivant de sa prérogative essentielle, la faculté d'invention adaptative, qui domine les autres propriétés et les dirige dans l'exploitation du milieu. La troisième étape, au contraire, est d'ordre purement chimique; elle échappe au vivant; elle s'accomplit certes en lui, par l'union de deux substances qui lui sont propres, mais elle se passe à son insu, sans sa participation et, de plus, à son détriment, du fait qu'elle efface son individualité spécifique. L'emprise du vivant sur la nature est donc à son tour dominée par la loi physique fondamentale qui gouverne l'univers. A celle-ci, doivent être attribuées la discontinuité des formes et leur fixation héréditaire, leur fantaisie et leur défaut d'adaptation, passibles de la sélection, l'irréversibilité de l'évolution qui, à chaque étape, restreint le champ des mutations futures. En revanche, par la stabilité héréditaire qu'elle procure, elle offre à l'espèce un relais de sécurité, dégagé des défectuosités antérieures et point de départ de nouvelles acquisitions et, par l'irréversibilité de ses combinaisons, elle impose sans cesse au vivant l'obligation de se dépasser. C'est donc grâce à ses qualités propres et spécialement à sa faculté d'invention, maîtresse de l'adaptation, que la matière vivante, nonobstant la loi physique fondamentale qui joue uniquement sur ses données, progresse orthogénétiquement, dans les divers milieux où elle est placée, sans que l'on puisse parler à ce sujet de finalité; car, si le vivant a pour but de subsister, l'évolution ne lui appartient pas et brise, à chaque mutation, sa destinée. Mais c'est aussi parce que la loi physique fondamentale s'exerce sur les acquisitions du vivant que, sous d'autres formes, la vie continue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions sphériques de Laplace de symétrie cristallographique donnée.* Note (*) de MM. **Georges Polya** et **Burnett Meyer.**

En employant les notations d'une Note précédente ([1]) nous considérons le problème suivant : *Étant donné un groupe $\mathcal{G}$ et un entier m, déterminer h_m fonctions sphériques d'ordre m linéairement indépendantes qui ne sont changées par aucune opération du groupe $\mathcal{G}$.* Pour résoudre ce problème, il faut trouver h_m polynomes homogènes de trois variables $P_j(x, y, z)$ $(j=1, 2, \ldots, h_m)$ qui sont des invariants de $\mathcal{G}$, de degré m et linéairement indépendants mod. r^2, où $r^2 = x^2+y^2+z^2$. Alors,

$$r^{2m+1} P_j\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) r^{-1}$$

pour $j=1, 2, \ldots, h_m$ donne les fonctions sphériques demandées ([2]). Le tableau donne les polynomes P_j pour chaque degré m et pour chaque groupe fini à l'exception de $\mathcal{J}$ et $\mathcal{J}_i$, qui ne jouent pas de rôle en cristallographie. Nous y utilisons les abréviations

$$O_3 = xyz, \qquad O_4 = x^4+y^4+z^4,$$
$$O_6 = (y^2-z^2)(z^2-x^2)(x^2-y^2),$$
$$C_m + iC'_m = (x+iy)^m;$$

C_m et C'_m sont réels. Le symbole $(1-u)^{-1}$ y représente la série $1+u+u^2+\ldots$, le produit des deux séries $(u_1+u_2+\ldots)(v_1+v_2+\ldots)$ représente l'ensemble des termes $u_k v_l$, et la convention analogue est adoptée pour le produit de trois séries. Le tableau fait correspondre à chaque groupe un ensemble de polynomes en x, y, z; en y choisissant ceux de degré m, nous obtenons les h_m polynomes $P_j(x, y, z)$ demandés. La distinction entre n pair et n impair faite par le tableau est sans importance pour 8 groupes, mais essentielle pour 4 groupes : $\mathcal{C}_{ni}$ et $\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}$ sont liés de telle manière que les invariants de l'un pour n pair sont de la même forme que ceux de l'autre pour n impair; $\mathcal{D}_{ni}$ et $\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}$ sont liés de la même manière. D'ailleurs, les invariants des groupes plus élémentaires dont $\mathcal{T}$ n'est pas un sous-groupe peuvent être facilement exprimés plus directement, sans opérateurs différentiels, par des *fonctions associées* ([3]).

(*) Séance du 21 février 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 28-30.

([2]) Nous utilisons ici un théorème de M. A. Ostrowski, *Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 33, 1924, p. 245-247.

([3]) Le résultat concernant O_l a été énoncé dans un travail de G. Polya et G. Szegö en cours de publication. Les démonstrations seront exposées dans la thèse de Burnett Meyer présentée à l'Université de Stanford.

Les polynomes P_j.

n pair.		*n* impair.
$\mathcal{T}$	$(1-O_3)^{-1}(1-O_4)^{-1}(1+O_6)$	$\mathcal{T}$
$\mathcal{O}$	$(1-O_3^2)^{-1}(1-O_4)^{-1}(1+O_3O_6)$	$\mathcal{O}$
$\mathcal{T}[\mathcal{O}$	$(1-O_3)^{-1}(1-O_4)^{-1}$	$\mathcal{T}[\mathcal{O}$
$\mathcal{T}_i$	$(1-O_3^2)^{-1}(1-O_4)^{-1}(1+O_6)$	$\mathcal{T}_i$
$\mathcal{O}_i$	$(1-O_3^2)^{-1}(1-O_4)^{-1}$	$\mathcal{O}_i$
$\mathcal{C}_n$	$(1-z)^{-1}(1+C_n+C'_n+C_{2n}+C'_{2n}+C_{3n}+C'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_n$
$\mathcal{D}_n$	$(1-z^2)^{-1}(1+C_n+zC'_n+C_{2n}+zC'_{2n}+C_{3n}+zC'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{D}_n$
$\mathcal{C}_n[\mathcal{D}_n$	$(1-z)^{-1}(1+C_n+C_{2n}+C_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_n[\mathcal{D}_n$
$\mathcal{C}_{ni}$	$(1-z^2)^{-1}(1+C_n+C'_n+C_{2n}+C'_{2n}+C_{3n}+C'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}$
$\mathcal{D}_{ni}$	$(1-z^2)^{-1}(1+C_n+C_{2n}+C_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}$
$\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}$	$(1-z^2)^{-1}(1+zC_n+zC'_n+C_{2n}+C'_{2n}+zC_{3n}+zC'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_{ni}$
$\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}$	$(1-z^2)^{-1}(1+zC'_n+C_{2n}+zC'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{D}_{ni}$

Au nom de la SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE et au sien, M. **MARCEL DELÉPINE** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Vie et œuvres de Joseph-Achille Le Bel, publiées à l'occasion du Centenaire de sa naissance.*

DÉSIGNATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Zoologie (Mammifères et Oiseaux) du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. *Jacques Berlioz* obtient 41 suffrages contre 13 à M. *Henri Heim de Balsac*.

Pour la seconde ligne, M. *Henri Heim de Balsac* obtient 28 suffrages; il y a 14 bulletins blancs et 3 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **JACQUES BERLIOZ.**
En seconde ligne .... M. **HENRI HEIM-DE BALSAC.**

CORRESPONDANCE.

L'**INSTITUT DE PALÉOBOTANIQUE SAHNI**, à Luknow, Indes, informe l'Académie de sa fondation et de la cérémonie qui aura lieu le 3 avril, à l'occasion de la pose de la première pierre de sa résidence.

Un message de vœux et de félicitations lui sera adressé.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° JACQUES BOURCART. *Géographie du fond des mers. Étude du relief des océans* (présenté par M. Donatien Cot).

2° Faune de l'Empire français. IX. *Hémiptères réduviidés de l'Afrique Noire*, par ANDRÉ VILLIERS. Préface de M. ÉMILE BRUMPT (présenté par M. Louis Fage).

3° IR. G. WAEGEMANS. *Latérisation et Latérites.*

4° Institut des Parcs Nationaux du Congo belge. *Les territoires biogéographiques du Parc National Albert*, par WALTER ROBYNS.

5° Id. Exploration du Parc National Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fascicules 55 : *Ceratopogonidæ*, par M. GOETGHEBUER. 56 : *Coreidæ*, par H. SCHOUTEDEN. 57 : *Endomychidæ*, par H. F. STROHECKER. Mission H. Damas (1935-1936). Fascicule 17 : *Larves d'hydrocanthares*, par HENRI BERTRAND.

6° Id. Exploration du Parc National de la Kagera. Mission J. Lebrun (1937-1938). Fascicule 1 : *Contribution à l'étude de la flore du parc national de la Kagera*, par J. LEBRUN, A. TATON et L. TOUSSAINT.

7° *Wissenschaftliche Arbeiten des deutschen meteorologischen Dienstes im französischen Besatzungsgebiet.* I. Jahrg. I. Band, 1947.

ALGÈBRE DE LA LOGIQUE. — *Structures logiques.*

Note (*) de M. **ANDRÉ CHAUVIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est d'introduire certaines structures qui nous seront utiles pour bien mettre en évidence les hypothèses nécessaires à la démonstration du premier théorème de Gödel, établir ce théorème, le généraliser (1).

a. Structures déductives. — On dit qu'un ensemble dénombrable Θ est muni d'une *structure déductive* — Θ est alors appelé *théorie*, ses éléments *propositions* — si l'on a donné une famille Γ d'ensembles Φ de parties finies A de Θ et pour chaque Φ une application $\theta = \varphi(A)$ des $A \in \Phi$ dans Θ. Si pour une φ et une A on a $\theta = \varphi(A)$, on dit que θ est *conséquence immédiate* des *propositions* de A et l'on écrit : $\theta = C(A)$. On dit que θ est *conséquence* des *propositions* d'un ensemble E si θ appartient au plus petit ensemble de *propositions* contenant les *propositions* de E et fermé pour l'opération C. On distingue un ensemble non vide de *propositions* appelées *axiomes* dont les *conséquences* sont appelées *théorèmes* ou *propositions vraies*. On appelle *démonstration* toute suite finie de *m propositions* dont la première est un *axiome* et la $n^{\text{ième}}$ un *axiome* ou une *conséquence* des $n-1$ premières quel que soit n ($1 < n \leq m$). On dit que la *démonstration démontre* sa $m^{\text{ième}}$ *proposition*. Il est clair que toute *proposition démontrée* par une *démonstration* est un *théorème* et réciproquement. On introduit une transformation biunivoque

(*) Séance du 14 mars 1949.

(1) GÖDEL, *Monat. für Math. und Phys.*, 38, 1931, p. 173; ROSSER, *Jour. of Symbolic logic*, 4, n° 2, 1939, p. 53.

réciproque de Θ, $\theta' = \nu(\theta)$; θ' est dite la *négation* de θ. Les *négations* de *théorèmes* sont appelées *propositions fausses*. *Une théorie* où l'ensemble V des *propositions vraies* et l'ensemble F des *propositions fausses* — tous deux non vides — sont disjoints est dite *consistante*. Toute $\theta \in \Theta$ qui n'appartient ni à V ni à F est dite *proposition indécidable*.

b. Structures interprétatives. — On dit qu'un ensemble dénombrable Λ est muni d'une *structure interprétative* — Λ est alors appelé *langue*, ses éléments *propositions* — si l'on se donne un ensemble dénombrable N, dont les éléments sont appelés *signes* ou *noms*, un ensemble E de suites finies d'éléments de N appelées *expressions*, une partie Π de E dont les éléments sont appelés *assertions*, une correspondance biunivoque entre Λ et Π telle que si $\lambda \in \Lambda$, $\pi \in \Pi$, $\pi = \mathrm{T}\lambda$, $\lambda = \mathrm{I}\pi$; π est dit la *traduction* de λ, λ l'*interprétation* de π.

c. Structures logiques. — On dit qu'un ensemble dénombrable L est muni d'une *structure logique* — L est alors appelé *logique* — s'il est muni d'une *structure déductive* et d'une *structure interprétative*.

d. Logiques classiques. — Leur *structure interprétative* a les propriétés suivantes : 1° Une partie de N admet une partition en classes appelées *types* dont chacune contient au moins un *signe* appelé *variable*. Si je désigne par $p(e; x, \iota)$ la suite de *signes* obtenue en remplaçant dans l'*expression* e la *variable* x partout où elle se trouve par le *signe* i du même *type* (j'écris $p(e; x, i; y, j)$ pour abréger au lieu de $p(p(e; x, i); y, j)$, etc., et j'omets x, y, s'il n'y a pas d'ambiguïté à craindre) alors $p(e; x, i) \in$ E. 2° N contient le *signe* $x\Pi$ appelé *signe de généralisation*, x pouvant être une *variable* quelconque et les deux *signes* de parenthèse (,et). Si $e \in \mathrm{E}$, $x\Pi(e) \in \mathrm{E}$; la *variable* x de e si elle existe est dite *liée* dans $x\Pi(e)$. Une *variable* qui n'est *liée* à aucune place dans une *expression* est dite *libre* dans cette *expression*. Toute *expression* qui n'a pas de *variables libres* est une *assertion*.

Leur *structure déductive* a la propriété suivante : Si $\mathrm{T}(x\Pi e)$ est un *théorème*, $\mathrm{T}p(e; x, i)$ est un *théorème* si $p(e; x, i)$ est une *assertion*.

e. Logiques Péaniennes. — Ce sont des *logiques classiques*, où N contient le *signe* f et a un *type* qui contient les *variables numériques*, le *signe* o et tout *signe* obtenu en mettant f devant un *signe* déjà formé. $f\ldots f$o avec n *signes* f est désigné par $[n]$ et appelé *signe numérique*. Toute *expression* à une seule *variable numérique* est dite *signe de classe*. On dit qu'une *logique Péanienne* est ω-*consistante* si le fait que $\mathrm{T}p(e; x, [\xi])$ soit *vraie* quel que soit l'entier ξ — pour un *signe de classe* e déterminé, mais quelconque — entraîne que $\mathrm{T}x\Pi(e)$ soit *vraie*. On dit que la relation ordinaire entre entiers $\mathrm{R}(\xi.\eta)$ a une *expression* dans une *logique Péanienne* L si E contient une *expression* $\mathcal{R}$ à deux *variables numériques* x et y telle que si $\xi.\eta$ sont deux entiers déterminés (quelconques) $p(\mathcal{R}; x, [\xi]; y, [\eta])$ est *vraie* si l'on a $\mathrm{R}(\xi.\eta)$ et réciproquement et $p(\mathcal{R}; x, [\xi]; y, [\eta])$ est *fausse* si l'on n'a pas $\mathrm{R}(\xi, \eta)$ et réciproquement.

f. Logiques Gödéliennes. — Donnons-nous une correspondance biunivoque

$\xi = \varphi(u)$ (ξ est dit le numéro de u) entre une partie des entiers et l'ensemble U qui a pour éléments u les *signes*, les *expressions*, les *propositions*, les *démonstrations*. Si la relation entre entiers $R_0^\varphi(\xi, \eta)$, déterminée dès que L et φ le sont : « ξ n'est pas un numéro de *démonstration* ou η n'est pas un numéro de *signe de classe* ou ξ est un numéro de *démonstration*, η un numéro de *signe de classe* et la *démonstration* n° ξ ne *démontre* pas $Tp(\varphi^{-1}(\eta); [\eta])$ (²) » a une *expression* $\mathcal{R}_0^\varphi$ dans la *logique Péanienne* L, L est dite « Gödélienne pour φ ». Dans la *logique Péanienne* Lo de Gödel (*loc. cit*) toutes les fonctions récurrentes d'entiers (*loc. cit.*) ont une *expression* dans Lo. Gödel démontre que pour cette *logique* Lo et une certaine correspondance φ_0, $R_0^{\varphi_0}(\xi, \eta)$ est récurrente : donc elle a une *expression* $\mathcal{R}_0^{\varphi_0}$ dans Lo et Lo est Gödélienne pour φ_0. On a alors le théoréme de Gödel : dans une *logique Gödélienne consistante* et ω-*consistante* la *proposition* $Tx\Pi\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi])\big)$ (qui est évidemment la même que $Tp\big(x\Pi(\mathcal{R}_0^\varphi); y, [\eta_0^\varphi]\big)$) où $\eta_0^\varphi = \varphi\big(x\Pi(\mathcal{R}_0^\varphi)\big)$ est *indécidable*.

1. Supposons que cette *proposition* soit *vraie* et soit ξ_0 le numéro d'une de ses *démonstrations*. Donc la *démonstration* n° ξ_0 *démontre* $Tp\big(\varphi^{-1}(\eta_0^\varphi); [\eta_0^\varphi]\big)$ donc $Tp(\mathcal{R}_0^\varphi; x, [\xi_0]; y, [\eta_0^\varphi])$ est *fausse*. Mais puisque $Tx\Pi\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi])\big)$ est *vraie*, toutes les $Tp\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi]); x, [\xi]\big) = Tp(\mathcal{R}_0^\varphi; x, [\xi]; y, [\eta_0^\varphi])$ sont *vraies* : donc $Tp(\mathcal{R}_0^\varphi; x, [\xi_0]; y, [\eta_0^\varphi])$ est *vraie*. Donc la logique considérée n'est pas *consistante*.

2. Supposons que cette proposition soit *fausse*. D'après la première partie de la démonstration, la *démonstration* n° ξ ne *démontre* pas $Tp\big(\varphi^{-1}(\eta_0^\varphi); [\eta_0^\varphi]\big)$ et cela quel que soit le numéro ξ si L est *consistante*. Donc

$$Tp\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi]); x, [\xi]\big)$$

est *vraie* quel que soit l'entier ξ. Mais puisque $Tx\Pi\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi])\big)$ est *fausse*, la *logique* considérée n'est pas ω-*consistante*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Un théorème sur le rang des courbes algébriques dans les corps de degré de transcendance fini.* Note (*) de M. **André Néron**, présentée par M. Gaston Julia.

Le théorème que j'obtiens ici me permet d'étendre certains des résultats que j'ai démontrés pour les faisceaux de cubiques (¹) à des familles quelconques de courbes algébriques dépendant algébriquement d'un nombre fini de paramètres.

(²) φ^{-1} est l'application réciproque de φ.

(*) Séance du 21 mars 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1781-1783.

J'en déduis l'existence dans tout corps algébrique fini de cubiques de rang $\geqq 10$ et, quel que soit $p > 1$, de courbes de genre p et de rang $\geqq 3p+5$.

Étant donnée une courbe algébrique Γ de genre p, à coefficients dans un corps algébrique fini quelconque K, on sait, d'après Weil, que les systèmes rationnels de p points (ou les séries linéaires de systèmes rationnels de p points équivalents) sur cette courbe forment un groupe abélien G de rang fini r. On peut donner une définition purement géométrique de ce groupe G ([2]), et montrer que cette définition est valable dans un corps K quelconque. Dans tous les cas, le rang r du groupe G, fini ou infini, est dit rang de la courbe Γ dans K.

Soit maintenant un corps K, extension de degré de transcendance fini du corps des nombres rationnels, et soit k un sous-corps de K. Il existe un corps intermédiaire K' : $k \subset K' \subset K$, extension purement transcendante de k :

$$K' = k(u_1 \ldots, u_n)$$

et tel que K soit une extension algébrique finie de K' (qu'on peut toujours supposer simple).

$K = K'(\alpha)$, avec α racine de $f(z) = 0$, f polynome à coefficients dans K'.

Envisageons tous les homomorphismes σ de K dans les corps respectifs K^σ ainsi définis : aux variables indépendantes $u_1, \ldots, u_n$, nous associons les éléments arbitraires de k : $u_1^\sigma, \ldots, u_n^\sigma$; au polynome $f(z)$, nous associons le polynome $f^\sigma(z)$ dont les coefficients se déduisent de ceux de f par application de σ; enfin à α, nous associons α^σ, racine choisie arbitrairement de $f^\sigma(z) = 0$. A tout élément a de K correspond l'élément a^σ de $K^\sigma = K(a^\sigma)$. Cet élément est une spécialisation ([3]) de a. En outre, si Γ est une courbe algébrique, d'équation $F(xy) = 0$ à coefficients dans K, nous appellerons Γ^σ la courbe d'équation $F^\sigma(x, y) = 0$.

THÉORÈME. — *Si la courbe Γ est de genre $p \geqq 1$ et de rang fini r dans K, on peut choisir σ d'une infinité de manières de telle sorte que Γ^σ soit de rang $\geqq r$ dans K^σ.*

La méthode de démonstration est analogue à celle que j'ai utilisée dans le cas particulier des faisceaux de cubiques et permet de se ramener au théorème suivant, qui généralise celui du paragraphe 2 de ma précédente Note.

Si $\Phi(z)$ est un polynome à coefficients dans K, sans facteur linéaire dans K, on peut choisir σ d'une infinité de manières de telle sorte que $\Phi^\sigma(z)$ n'ait aucun facteur linéaire dans K.

Applications. — Soit k algébrique fini, $K = k(u)$, u variable indépendante unique.

a. Soit un faisceau de cubiques $F(xyu) = 0$, F linéaire en u. Cette équation

---

([2]) Voir par exemple POINCARÉ, *Journal de Liouville*, 5e série, 7, 1901.

([3]) Terminologie de Weil, *Foundations of algebraic geometry* (*Ann. Math. Soc. Colloq.*, 29. New-York, 1946.

définit une courbe Γ dans K, et l'on peut montrer que Γ est de rang 8 dans K si aucune des cubiques Γ^{σ} du faisceau n'est réductible. Donc, s'il en est ainsi, il existe des cubiques Γ^{σ} de rang $\geqq 8$ dans k.

b. Il est possible de trouver dans K des cubiques Γ de rang fini $\geqq 10$, donc il existe aussi dans k des cubiques Γ de rang $\geqq 10$.

c. Un faisceau quelconque de courbes algébriques : $F(xyu)=0$, F linéaire en u, définit une courbe Γ de genre p dans K. On peut choisir le faisceau de de telle sorte que Γ soit de rang fini $\geqq 3p+5$ dans K, et par suite, il existe dans k des courbes de genre p et de rang $\geqq 3p+5$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur deux classes de permutations* (¹). Note (*) de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons les permutations des nombres $1, 2, \ldots, n$ définies par les formules

$$(P_n)\quad \begin{cases} a.\quad y=2x-1 & (2x\leqq n+1),\\ b.\quad y=2(n-x+1) & (2x>n+1),\end{cases}$$

$$(Q_n)\quad 2n-y=2^k(n-x)+2^{k-1}\qquad (k=1, 2, \ldots).$$

Compte tenu des limites imposées à x et y, si l'un de ces entiers est donné, la formule (Q_n) définit à la fois l'autre et l'entier auxiliaire k, que nous appellerons l'*indice* de x. Pour Q_n, le *type* d'un cycle d'ordre σ est défini par la suite des indices de ses éléments; leur somme s est l'*indice total*. Pour P_n, le *type* est défini par la succession des σ opérations a ou b; sa *parité* est celle du nombre β des opérations b. Le premier élément d'un cycle dont le type est connu est défini par des formules de la forme

$$(\text{pour } P_n)\qquad (2^{\sigma}-\varepsilon)(x-1)=\lambda(2n-1)\qquad [\varepsilon=(-1)^{\beta}],$$

$$(\text{pour } Q_n)\qquad (2^{s}-1)(x-1)=\lambda(2n-1).$$

1. *Études séparées de* P_n *et* Q_n. — Nous appellerons ensemble e, l'ensemble des n pour lesquels il existe un cycle de type donné; ce type sera dit *naissant* pour le premier élément n_0 de e.

Théorème 1. (commun à P_n et Q_n). — *Un ensemble e n'est jamais vide. Il est bien défini par la donnée de* n_0; *c'est l'ensemble des n tels que* $2n_0-1$ *divise* $2n-1$. *Quel que soit* n_0, *il existe au moins un type naissant pour cette valeur de n.*

Nous désignerons respectivement par $s=\psi(n)$ et $\sigma=\omega(n)$ les plus petits exposants tels que $2^s\equiv 1$, $2^{\sigma}\equiv\varepsilon=\pm 1$ (mod. $p=2n-1$). Les entiers n se répartissent en deux ensembles E_0 et E_1. Si $n\in E_0$, $\varepsilon=1$, $s=\sigma$; si $n\in E_1$, $\varepsilon=-1$, $s=2\sigma$.

(¹) Suite à deux notes antérieures (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 422 et 578). Pouvant indiquer dans les limites d'une note l'essentiel de la théorie, nous avons cru bien faire de répéter quelques résultats déjà énoncés.

(*) Séance du 21 mars 1949.

THÉORÈME 2. — *Pour* P_n, *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, du même ordre* $\sigma = \omega(n)$, *de types pairs si* $n \in E_0$, *et* (l'élément invariant 1 exclu) *impairs si* $n \in E_1$. *L'ordre de* P_n *est* $\omega(n)$. *Pour* Q_n, *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, ayant le même indice total* $s = \psi(n)$. *Dans les deux cas, l'ensemble des éléments des cycles de types naissants est caractérisé par la condition que* $x - 1$ *soit premier avec* $2n - 1$; *ces cycles sont toujours primitifs* [c'est-à-dire qu'il n'y a pas besoin de les répéter plusieurs fois pour arriver à l'ordre $\omega(n)$ ou à l'indice total $\psi(n)$].

THÉORÈME 3. — *Pour* P_n, *pour* $n = 2^q + \delta$ ($\delta = 0$ ou 1), *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, d'ordre* $q + 1$, *et* (en exceptant l'élément 1 si $\delta = 1$), *leurs types ont la parité de* δ. *Pour* Q_n, *pour* $n = 2^q$, *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, du même indice total* $q + 1$. *Dans les deux cas, chaque type de cycle vérifiant les conditions indiquées est réalisé une fois et une seule.*

2. *Relations entre* P_n et Q_n.

THÉORÈME 4. — *En désignant par k l'indice de x, on a*

$$Q_n x = P_n^k x.$$

Si $k = 1$, P_n *est du type a. Si* $k > 1$, P_n^k *est du type* $ba^{k-2}b$.

Nous appellerons *séquence* toute suite d'éléments successivement déduits d'un premier élément pair x par la seule opération a. Si $2x > n + 1$, la séquence se réduit à x.

THÉORÈME 5. — *Les séquences sont communes à* P_n *et* Q_n. *On obtient le cycle de* Q_n *qui contient un x donné en prenant de deux en deux les séquences du cycle de* P_n *qui contient x. Si le type de ce cycle est impair et d'ordre* σ, *on obtient ainsi un cycle unique de* Q_n, *d'indice total* 2σ. *Si ce type est pair, et d'ordre* σ, en exceptant $x = 1$, *le cycle considéré se décompose en deux cycles distincts de* Q_n *ayant l'un et l'autre l'indice total* σ.

Corollaire. — Si $n \in E_1$, la décomposition en cycles est la même pour P_n et Q_n, l'ordre des séquences à l'intérieur de chaque cycle (s'il y en a plusieurs) changeant seul. Si $n \in E_0$, le cycle $x = 1$ et des cycles non primitifs peuvent seuls être communs à P_n et Q_n, et tous les cycles de Q_n ont, si $n > 1$, un ordre inférieur à l'ordre $\omega(n)$ de P_n [mais l'ordre de Q_n est presque toujours $> \omega(n)$, et même en général $> n$].

THÉORIE DES GROUPES. — *Hypergroupes partiels.*

Note (*) de M. **ROBERT CROISOT**, présentée par M. Élie Cartan.

La notion d'hypergroupe partiel généralise celles d'hypergroupe ([1]) et de groupe partiel ([2]).

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) J. KUNTZMANN, *Ann. Fac. Sc. de Toulouse*, 1939, p. 190 (référé : K).

([2]) R. CROIZOT, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 616.

Un *hypergroupe partiel* H est un système ([3]) associatif qui possède un sous-ensemble U d'éléments unités scalaires et est tel que chaque élément admette un élément inverse à droite unique et un élément inverse à gauche unique.

On déduit aisément de cette définition : U est non vide; tout élément $\varepsilon \in U$ est tel que $\varepsilon\varepsilon = \varepsilon$ (cette propriété n'est pas caractéristique comme dans les groupes partiels); tout élément $\alpha \in H$ admet un et un seul élément unité à droite, un et un seul élément unité à gauche; $\alpha\beta$ a un sens si et seulement si l'unité à droite de α coïncide avec l'unité à gauche de β; $(\alpha\beta)\gamma$ a un sens dès que $\alpha\beta$ et $\beta\gamma$ sont définis.

Exemples. — 1° Si l'opération est parfaite, on retrouve l'hypergroupe; si elle est uniforme, on retrouve le groupe partiel.

2° Soit S un sous-groupe partiel d'un groupe partiel $G = \{a, b, \ldots\}$. Les complexes SaS déterminent une partition de G. Comme on le voit aisément, ils peuvent être organisés en un hypergroupe partiel en posant

$$SaS.SbS \ni ScS \quad \text{si} \quad c \in SaSbS.$$

3° Soit G un groupe partiel et A un groupe d'automorphismes de G. Disons que deux éléments a et b de G sont conjugués s'il existe $\sigma \in A$ tel que $b = \sigma a$ Les classes $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{C}$, ... de conjugués peuvent être organisées en hypergroupe partiel en posant $\mathfrak{A}\mathfrak{C} \ni \mathfrak{M}$ s'il existe $m \in \mathfrak{M}$, $a \in \mathfrak{A}$, $c \in \mathfrak{C}$, tels que $m = ac$ (*cf.* K, p. 167 et 168).

Cas particulier. — Un hypergroupe partiel M est dit *inversable* si $\alpha\beta \ni \gamma$, implique $\alpha''\gamma \ni \beta$ et $\gamma\beta' \ni \alpha$ où α'' est l'inverse à gauche de α et β' l'inverse à droite de β.

Dans un hypergroupe partiel inversable, l'inverse est bilatère (on désignera par $\bar{\alpha}$ l'inverse de α) et les relations $\alpha\beta \ni \gamma$ et $\bar{\beta}\bar{\alpha} \ni \bar{\gamma}$ sont équivalentes ([4]).

([3]) Ensemble $\{\alpha, \beta, \ldots\}$ dans lequel certains couples ordonnés d'éléments sont composables, leur produit étant alors un sous-ensemble non vide défini univoquement. Un élément ε est dit élément unité si $\varepsilon\alpha \ni \alpha$ pour tout α tel que $\varepsilon\alpha$ ait un sens, si $\beta\varepsilon \ni \beta$ pour tout β tel que $\beta\varepsilon$ ait un sens et si ε est composable au moins d'un côté avec au moins un élément. Un élément σ est dit scalaire si $\sigma\alpha$ et $\beta\sigma$ se réduisent à un seul élément lorsqu'ils sont définis. Un élément α' est dit inverse à droite de α si $\alpha\alpha' \ni \varepsilon$ avec $\varepsilon \in U$.

([4]) Voici, pour définir un hypergroupe partiel inversable M, un système de trois axiomes constitués par sept conditions indépendantes :

(I_d).

a. $(\alpha\beta)\gamma$ a un sens dès que $\alpha(\beta\gamma)$ a un sens.

b. Si $(\alpha\beta)\gamma$ et $\alpha(\beta\gamma)$ ont un sens, on a $(\alpha\beta)\gamma = \alpha(\beta\gamma)$.

(II_d). — M possède au moins un sous-ensemble U avec les propriétés :

a. Si $\alpha\varepsilon$ a un sens ($\alpha \in M$, $\varepsilon \in U$), $\alpha\varepsilon$ se compose d'un seul élément.

b. Si $\alpha\varepsilon$ a un sens ($\alpha \in M$, $\varepsilon \in U$), on a $\alpha\varepsilon \ni \alpha$.

c. Tout $\alpha \in M$ est composable avec au moins un $\varepsilon \in U$.

(III_d). — Pour tout $\alpha \in M$, il existe au moins un $\bar{\alpha} \in M$ avec les propriétés :

Un hypergroupe partiel *inversable* est *normal* et *résoluble*. De plus, ces trois notions coïncident dans un hypergroupe partiel, comme il est facile de s'en assurer (*cf.* K, p. 165).

Les systèmes des exemples 2 et 3 appartiennent à ce type [5].

Nous désignons par M_1, M' ou M_2 des hypergroupes partiels inversables dans lesquels on a l'une des conditions supplémentaires :

(IV_1). Si $\varepsilon \in U$ et si $\varepsilon' \in U$, il existe au moins un élément $\alpha \in M_1$ tel que $\varepsilon\bar{\alpha}$ et $\alpha\varepsilon'$ aient un sens.

(IV'). Si $\varepsilon \in U$, $\varepsilon' \in U$ et si $\varepsilon\alpha$ et $\alpha\varepsilon'$ ont un sens, il existe au moins un élément scalaire σ tel que $\varepsilon\sigma$ et $\sigma\varepsilon'$ aient un sens.

(IV_2). Si $\varepsilon \in U$ et si $\varepsilon' \in U$, il existe au moins un élément scalaire σ tel que $\varepsilon\sigma$ et $\sigma\varepsilon'$ aient un sens.

La structure des M' et des M_2 est particulièrement simple. On voit aisément que le produit d'un groupoïde de Brandt et d'un hypergroupe inversable est un M_2. La réciproque est vraie. Plus précisément, un M_2 est isomorphe au produit d'un groupoïde de Brandt d'ordre 1 et d'un hypergroupe inversable et la représentation est unique (à l'isomorphie près).

De même qu'un groupe partiel est la juxtaposition d'un nombre fini ou non de groupoïdes de Brandt (d'une seule manière), un M' est la jutaxposition d'un certain nombre de M_2 (d'une seule manière). On a le résultat analogue pour les M et les M_1.

THÉORIE DES GROUPES. — *Caractérisation des semi-groupes à un paramètre.* Note de M. **Dov Tamari**, présentée par M. Élie Cartan.

Théorème 1. — *Soit $\mathfrak{J}$ un* demi-groupe d'intervalle *(c'est-à-dire une application $f(x, y) = x \circ y$ univalente, associative et continue de* $I \times I$ *sur* I, *où*

$$I = (a_1, a_2) \; (-\infty \leqq a_1 < a_2 \leqq +\infty).$$

Alors les deux conditions suivantes sont équivalentes :

A. *$x \circ y$ est strictement croissant par rapport à chacune des variables ;*

---

a. Si $\bar{\alpha}\eta \ni \xi$, $\alpha\xi$ a un sens.

b. Si $\bar{\alpha}\eta \ni \xi$ et si $\alpha\xi$ a un sens, on a $\alpha\xi \ni \eta$.

La démonstration, assez longue, paraîtra dans un autre recueil.

De ces axiomes, on déduit des systèmes de conditions indépendantes qui définissent les groupes partiels et les hypergroupes inversables, en tenant compte du fait que, dans le premier cas, l'opération est uniforme et, dans le second cas, parfaite.

(5) On peut dans les exemples 2 et 3 remplacer le groupe partiel G par un hypergroupe partiel inversable M. Dans l'exemple 2, S est alors défini comme un sous-ensemble de M, fermé par rapport à l'opération, contenant U comme sous-ensemble et contenant l'inverse de chacun de ses éléments.

B. $\mathfrak{J}$ *est un* semi-groupe d'intervalle (*c'est-à-dire avec les règles de simplification*).

Évidemment (A) ⇒ (B). (B) et la continuité impliquent la monotonie stricte dans x (resp. y) toujours dans le même sens quelle que soit la valeur de y (resp. x). L'associativité implique que le sens de la monotonie est le même pour les deux variables. (α) S'il existe un élément neutre $e \in \mathfrak{J}$, $x \circ e$ est croissant et la preuve est complète; sinon, on a ou (β) $x < x \circ x$, ou bien (γ) $x > x \circ x$ quel que soit x et

$$(\beta) \Rightarrow (x, y < x \circ y \leq a_2) \Rightarrow (L_2), \quad (\gamma) \Rightarrow (a_1 \leq x \circ y < x, y) \Rightarrow (L_1),$$

où

$$(L_i) \qquad \lim_{x=a_i} (x \circ y) = \lim_{y=a_i} (x \circ y) = \lim_{\substack{x=a_i \\ y=a_i}} (x \circ y) = a_i \qquad (i = 1, 2),$$

donc $x \circ y$ est croissant par rapport à chacune des variables.

Nous distingons six cas : (1) $e \in \mathfrak{J}$ est à l'intérieur de I; (2) et (3) e est l'extrémité gauche (droite) de I; (4) ≡ (β); (5) ≡ (γ); finalement ajoutons (6), où l'espace du semi-groupe $\mathcal{C}$ est homéomorphe au cercle C. Comme il n'existe pas d'autres espaces connexes à un paramètre (localement euclidien de dimension 1) ces cas contiennent tous les cas connexes possibles.

LEMME 1. — *Dans le cas* (1) *les relations* (L_i) *subsistent sans restriction.*

THÉORÈME 2. — *Si* $\mathfrak{J}$ *possède un élément neutre à son intérieur, alors* $\mathfrak{J}$ *est un groupe d'intervalles* [*donc isomorphe à* R^1 (¹)].

(L_2) subsiste dans les cas (2) et (4), (L_1) subsiste dans les cas (3) et (5), donc :

LEMME 2. — *Les semi-groupes* (2) *jusqu'à* (5) *sont réguliers d'un côté* (*et même des deux côtés : il existe un multiple commun par exemple à droite*).

Ainsi ces semi-groupes peuvent être plongés dans leurs groupes quotients Q($\mathfrak{J}$) (par une construction algébrique uniquement déterminée), qui peuvent être topologisés d'une façon à devenir un groupe du type (1) contenant $\mathfrak{J}$ comme un sous-semi-groupe topologique.

THÉORÈME 3. — *Les semi-groupes* (2) *à* (5) *sont des sous-semi-groupes constitués par tous les éléments* x *d'un groupe* (1) *où* $x \geq e$ (*ou* $x > e$) *resp.* $x \leq e$ (*ou* $x < e$) *dans le cas* (2) *resp.* (3), $x \geq a_1 > e$ (*ou* $x > a_1 > e$) *resp.* $x \leq a_2 < e$) (*ou* $x < a_2 < e$) *dans le cas* (4) *resp.* (5).

Évidemment (4) est une partie de (2) et peut être représentée par $a_1 \circ \mathfrak{J}(2) = \mathfrak{J}(2) \circ a_1$, (5) est une partie de (3) représentée par $a_2 \circ \mathfrak{J}(3) = \mathfrak{J}(3) \circ a_2$.

THÉORÈME 4. — *Bouts :* (1) *est essentiellement ouvert aux deux extrémités,* (2) *et* (4) *à leurs extrémités droites,* (3) *et* (5) *à leurs extrémités gauches. Aux extrémités oppposées* (2)-(5) *peuvent être également ouverts ou fermés.* (Pour simplifier nous supposerons une convention uniforme : fermé.)

(¹) É. CARTAN, *Mém. Sci., Math.*, 42, 1930, p. 11.

Théorème 5. — *Soient $\mathfrak{J}$ et $\mathfrak{K}$ du type* (i) *resp.* (k) ($2 \leqq i$), $k \leqq 5$). *Ils sont isomorphes et semblables si et seulement si $i = k$, isomorphes (sans être semblables) si et seulement si i, $k = 2$, 3 ou i, $k = 4$, 5 (et non semblables si $i \neq k$; dans ce cas l'ordre est interverti). Si i, $k = 4$, 5 il existe un seul isomorphisme $\mathfrak{J} \simeq \mathfrak{K}$ resp. l'automorphisme identique seulement (si $\mathfrak{J} \equiv \mathfrak{K}$); si i, $k = 2$, 3 les isomorphismes entre $\mathfrak{J}$ et $\mathfrak{K}$ sont déterminés par un couple arbitraire $x_0 \leftrightarrow y_0$ d'éléments correspondants distincts de l'élément neutre. Remarque analogue pour les automorphismes qui forment un groupe d'intervalles* (1).

Définition. — Dans le cas (6) nous disons que $z = f(x)$ est une fonction monotone si la variation de z conserve toujours le même sens lorsque x parcourt C dans un certain sens, elle est croissante si z et x varient dans le même sens, décroissant si le sens est contraire.

Théorème 6. — *Si l'espace du semi-groupe $\mathcal{C}$ est homéomorphe au cercle* C, *alors* C *est un groupe* [*donc isomorphe au groupe* $\mathfrak{G}^1$ (¹)].

Si x et $z = g_{y_c}(x) = x \circ y_c$ (y considéré comme un paramètre constant) parcourent le même cercle en sens opposé, ils doivent nécessairement se rencontrer et l'on aurait un x_0 tel que $g_{y_c}(x_0) = x_0 \circ y_c = x_0$, c'est-à-dire l'élément arbitraire y_c serait neutre, ce qui est impossible. On a donc

Théorème 7. — *La loi de composition de $\mathfrak{G}^1$ est strictement croissante.*

Le théorème 1 vaut donc aussi si l'on remplace I par C :

Théorème 1*. — *La loi de composition $x \circ y$ de tout semi-groupe connexe à un paramètre est strictement croissante.*

Les propriétés bien connues des groupes à un paramètre peuvent être utilisées, par exemple

Corollaire. — *Les semi-groupes connexes à un paramètre sont commutatifs.*

Théorème 8. — *La propriété des groupes finis d'ordre premier, à savoir d'être engendrés par n'importe lequel de ses éléments g, peut être généralisée entre autres pour les semi-groupes connexes à un paramètre, si l'on considère les* puissances g^ρ *comme les éléments engendrés par g* ($g \neq e$), *et si l'on pose les conventions suivantes :*

1° ρ *parcourt l'ensemble des nombres réels pour engendrer* $(1) = \mathcal{R}^1$;

2° $\rho \geqq 0$ (*ou* $\rho > 0$) *pour* (2) *et* (3);

3° $\rho \geqq \rho_0$ (*ou* $\rho > \rho_0$) *avec* $0 < \rho_0 \leqq 1$ *pour* (4) *et* (5);

4° ρ (*mod* 1) *ou* $0 \leqq \rho < 1$ *pour* $(6) = \mathfrak{G}_1$.

L'engendrement est effectué en deux pas : 1° on considère d'abord les puissances rationnelles de g, puis 2° on passe à la fermeture.

Cette construction de puissances de g fournit aisément une fonction continue et croissante $\varphi(\rho)$ qui permet d'écrire l'opération du semi-groupe dans la forme $x \circ y = f(x, y) = \varphi\{\overset{-1}{\varphi}(x) + \overset{-1}{\varphi}(y)\}$. C'est la même fonction $\varphi(\rho)$ qui a été construite par M. J. Aczél (²).

(²) *Bull. Soc. math. France*, 76, 1948 (sous presse).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les opérateurs différentiels et la construction de la solution élémentaire des équations aux dérivées partielles polyhyperboliques dans le cas impair.* Note de M. **Jean Elianu**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons l'équation aux dérivées partielles linéaires

$$(1) \qquad F^p u = 0, \qquad (F^2 = FF, \ldots, F^p = FF^{p-1}),$$

u étant la fonction inconnue supposée invariante et F l'opérateur différentiel linéaire du second ordre écrit sous forme invariantive

$$F = g^{\alpha\beta}\nabla_{\alpha\beta} + h^{\alpha}\nabla_{\alpha} + k., \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, n;\ g^{\alpha\beta} = g^{\beta\alpha};\ |g^{\alpha\beta}| \neq 0),$$

où $g^{\alpha\beta}$ sont les composantes contrevariantes du tenseur fondamental d'un certain espace de Riemann, h^{α} les composantes contrevariantes d'un vecteur et k un invariant ([1]). Nous avons désigné par ∇ le symbole de la dérivation covariante dans le susdit espace, associé par M. Hadamard ([2]) à $Fu = 0$ et que nous rattacherons aussi à (1), en suivant certaines recherches de M. N. Théodoresco ([3]).

Avec l'hypothèse $|g^{\alpha\beta}| \neq 0$, l'opérateur F sera du type non parabolique et dans le cas hyperbolique nous dirons que l'équation (1) appartient au *type polyhyperbolique.* Nous supposerons aussi que $g^{\alpha\beta}$, h^{α}, k sont des fonctions holomorphes dans la région R où l'on étudie l'équation (1).

Soit (Ω) une famille d'opérateurs différentiels permutables, un opérateur quelconque Ω_j de (Ω) ayant l'expression

$$\Omega_j = 2\Delta(\cdot, \Gamma) - (M + 4j)., \qquad (M = F\Gamma - k\Gamma),$$

$\Delta(.,\Gamma)$ étant l'opérateur du premier ordre de Lamé-Beltrami, Γ le premier membre de l'équation du conoïde caractéristique de sommet $P(a^1, \ldots, a^n)$, et j un nombre rationnel. Si l'on considère, au lieu de (Ω), la famille plus vaste qui contient tous les opérateurs de la forme μE, $\nu\Omega_j$(μ, ν étant des nombres rationnels quelconques, le premier pouvant être même zéro et E étant l'opérateur unité par rapport à la multiplication symbolique), on démontre que *le système* ($\mu E, \nu\Omega$) *est un espace vectoriel à deux dimensions, construit sur le corps des nombres rationnels et la famille* (Ω) *est plongée dans cet espace vectoriel.* De même, à l'aide des opérateurs de base Ω_r et E, on arrive à la conclusion que l'*ensemble des produits symboliques* $\Omega_{j_1} \ldots \Omega_{j_s}$ *constitue un anneau euclidien* $A[\Omega_r]$.

([1]) Nous utiliserons des indices grecs pour indiquer des tenseurs.

([2]) *Le problème de Cauchy et les équations hyperboliques*, Paris, 1932.

([3]) Par exemple, *Journ. de Math. pures et appl.*, 16, 1937, p. 329-343.

Dans le cas $n = 2m+1$, on cherche pour l'équation (1) une *solution élémentaire algébrique* de la forme $u = U\Gamma^q$, U étant régulière au sens de M. Hadamard dans R et $q =$ const. En posant

$$E_{i,j} = \Omega_{j-i} \ldots \Omega_{j-2}\Omega_{j-1}, \qquad \Phi^k_{i,j} = \Sigma F^k \Omega_{j-i+k} \ldots \Omega_{j-2}\Omega_{j-1},$$

la somme Σ contenant tous les produits symboliques distincts qu'on peut construire avec les $i - k \geq 0$ opérateurs $\Omega_{j-1}, \Omega_{j-2}, \ldots, \Omega_{j-i+k}$ (i, j, k entiers) appliqués dans l'ordre décroissant des indices et l'opérateur F, ce dernier figurant k fois dans chaque produit symbolique, on trouve par la méthode de M. Hadamard

$$(2) \qquad U = U_0 + U_1\Gamma + \ldots + U_h\Gamma^h + \ldots,$$

U_0 vérifiant sur les bicaractéristiques l'équation du type de Fuchs

$$(3) \qquad E_{p,q}U = \left\{4s\frac{d}{ds} + [M + 4(q-p)].\right\} \ldots \left\{4s\frac{d}{ds} + [M + 4(q-1)].\right\} U = 0,$$

qui appartient à une classe d'équations différentielles étudiée par Floquet dans sa thèse ([1]). Les racines de l'équation déterminante de (3) étant

$$r_i = -\frac{n}{2} - q + i \qquad (i = 1, \ldots, p),$$

on prend $r_p = 0$ et $U_0 = 1$ pour $s = 0$, par suite

$$(4) \qquad U_0 = \exp.\left[-\int_0^s \frac{1}{s}\left(\frac{M}{4} + q - p\right)ds\right], \qquad \left(q = -\frac{n}{2} + p\right),$$

ce qui résulte aussi de la dernière propriété des opérateurs Ω. L'expression (4) sera prise comme valeur de U_0 dans toute la région R.

En général U_h, comme U_0, est une fonction holomorphe, qui vérifie une équation du type de Fuchs non homogène, à une seule intégrale holomorphe, et dont l'expression est

$$(5) \qquad U_h = -\frac{U_0}{4^p s^{p+h-1}} \int_0^s \ldots \int_0^s \frac{s^{h-1}}{U_0} \sum_{i=1}^{p} \frac{\Phi^i_{p,q+h-i}\, U_{h-i}}{(q+h)(q+h-1)\ldots(q+h-i+1)}\, ds \ldots ds,$$

où l'on doit intégrer p fois par rapport à s et avec la convention de prendre dans le second membre $U_{h-i} = 0$, si $i > h$.

Avec les variables normales de Riemann par rapport à P et par des majorations convenables qui conduisent à une équation linéaire aux différences finies de Poincaré, on prouve à l'aide d'un théorème de Perron et du critère de Cauchy-Hadamard, la convergence uniforme de la série (2), pour $|\Gamma|$ suffisamment petit. La solution élémentaire obtenue est bien déterminée : elle aura sur $\Gamma = 0$ une *singularité algébrique*, si $n > 2p$ et y sera *nulle*, si $n < 2p$.

([1]) *Sur la théorie des équations différentielles linéaires*. Paris, 1879. M. N. Théodoresco a obtenu aussi, dans l'article précité, une équation du type de Fuchs du second ordre pour déterminer U_0.

TOPOLOGIE. — *Sur les trajectoires fermées de certains champs de vecteurs.*
Note (*) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait étudier ([1]), de façon simple, les solutions périodiques de l'équation $x'' + x = \mu f(x, x')$, où μ est un petit paramètre. L'objet de cette Note est d'appliquer à des systèmes différentiels plus complexes, les mêmes méthodes. Dans la suite nous faisons implicitement toutes les hypothèses de différentiabilité nécessaires à notre développement.

Considérons un champ de vecteurs E_μ défini sur une variété V_n, dépendant du paramètre positif μ; supposons que pour $\mu = 0$ le champ $E_{\mu=0} = E_0$ vérifie les conditions suivantes :

1° E_0 n'a pas de points singuliers;

2° les trajectoires du système différentiel $dx = E_0(x)\,dt$ (où $x \in V_n$, $t \in R^1$ et où $E(x)$ désigne le vecteur du champ E attaché au point x) sont les fibres d'une fibration de V_n en cercles S_1, la base de cet espace fibré étant la variété V_{n-1} et f désignant la projection canonique de V_n sur V_{n-1}. (La variété fibrée V_n n'admet pas nécessairement une section.)

A partir de E_μ nous pouvons construire un champ $\tilde{E}$ sur V_{n-1} par la relation ([2]).

$\tilde{E}(y) = \int_{S_y} f(E')\,dt$, où $y \in V_{n-1}$, S_y étant la fibre qui se projette sur y et E' le champ défini par

$$E'(x) = \left(\frac{\partial}{\partial \mu} E_\mu(x)\right)_{\mu=0}, \qquad x \in V_n.$$

Soit B_{n-1} un ouvert de V_{n-1} homéomorphe à une boule de R^{n-1}; dans ces conditions $f^{-1}(B_{n-1})$ est homéomorphe au produit topologique $B_{n-1} \times S_1$, dans lequel nous pouvons définir un système de coordonnées locales x et θ. Les trajectoires de E_μ admettent une représentation paramétrique de la forme $x = \mathcal{S}_\mu(\theta, x_0)$ où $\mathcal{S}_\mu(0, x_0) = x_0$, de plus pour $x_1 \in B_{n-1}$ il existe $\mu_1 > 0$ et un voisinage V_{x_1} de x_1 tel que, si $\mu < \mu_1$, la fonction $\mathcal{S}_\mu(\theta, x_0)$ soit définie pour $0 \leq \theta \leq 2\pi$ et $x_0 \in V_{x_1}$. On voit de suite que

Lemme I. — *La fonction* $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0)$ *définie par* $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0) = \mathcal{S}_\mu(2\pi, x_0)$ *vérifie la relation* $((\partial/\partial\mu)\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0))_{\mu=0} = \tilde{E}(x_0)$.

Il est naturel de poser :

Définition. — *La trajectoire* $x = \mathcal{S}_\mu(\theta, x_0)$ *est simplement fermée si* $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0) = x_0$. *De plus si* x_0 *est un point fixe isolé de* $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0)$ (μ *fixe*) *on affectera la trajectoire correspondante de l'indice de* x_0.

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Cf.* S. Lefschetz, *Lectures on differential equations*, Princeton, 1946, p. 194-204.

([2]) On remarquera qu'une opération analogue est fréquemment utilisée dans les traités classiques (H. Poincaré) pour étudier les solutions voisines d'une solution périodique.

En effet cette définition exprime des propriétés topologiques de la trajectoire.

Soit $\mathcal{E}_{n-1}$ un simplexe à $n-1$ dimensions dans V_{n-1}, supposons que le champ $\widetilde{E}$ ne s'annule en aucun point du bord $\dot{\mathcal{E}}_{n-1}$ de $\mathcal{E}_{n-1}$, et désignons par I la somme des indices des singularités de $\widetilde{E}$ sur $\mathcal{E}_{n-1}$. Le lemme I entraîne :

THÉORÈME I. — *Si* $I \neq 0$, *il existe* $\mu_1 > 0$ *tel que pour* $\mu < \mu_1$ *l'ensemble* $f^{-1}(\mathcal{E}_{n-1})$ *contienne des trajectoires simplement fermées; d'autre part si les trajectoires simplement fermées de* $f^{-1}(\mathcal{E}_{n-1})$ *sont en nombre fini, la somme de leurs indices est* I (*y compris le cas* $I = 0$).

Ce dernier résultat entraîne à son tour :

THÉORÈME II. — *Si* $x \in \mathcal{E}_{n-1}$ *est un point singulier isolé de* $\widetilde{E}$ *d'indice non nul, alors à tout voisinage* V_x *de* x *correspond* $\overline{\mu} > 0$ *tel que* $f^{-1}(V_x)$ *contienne au moins une trajectoire fermée de* E_μ (*où* $\mu < \overline{\mu}$).

Faisons l'hypothèse suivante : V_n est compacte, et de plus $\widetilde{E}$ a un nombre fini de singularités, ou plus généralement les singularités de $\widetilde{E}$ sont points internes des simplexes à $n-1$ dimensions d'une subdivision simplitiale de V_{n-1}. Alors nous pouvons énoncer :

THÉORÈME III. — *Avec l'hypothèse précédente* (³) *il existe* $\mu_1 > 0$ *tel que si le champ* E_μ (*pour* $\mu < \mu_1$) *admet un nombre fini de trajectoires simplement fermées, la somme de leurs indices est égale à* $\chi(V_{n-1})$ (*où* $\chi(V_{n-1})$ *est la caractéristique d'Euler-Poincaré de* V_{n-1}). *De plus si* $\chi(V_{n-1}) \neq 0$ *le champ* E_μ *où* ($\mu < \mu_1$) *admet des trajectoires simplement fermées* (⁴).

Dans une autre Note nous nous proposons d'appliquer ces idées à des problèmes de dynamique (systèmes conservatifs).

GÉOMÉTRIE. — *La géométrie projective plane en mathématique intuitioniste sans négation.* Note de Mlle NICOLE DEQUOY, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Dans la mathématique intuitioniste sans négation envisagée par M. Griss [1], on peut construire une géométrie projective. Les règles logiques utilisées sont plus faibles que celles posées par M. Heyting [2] puisqu'il ne

[3] Dans un travail qui n'est pas encore publié, M. Seifert peut formuler, dans le cas où $n = 3$, un résultat beaucoup plus général : les conclusions du théorème III ci-dessus sont valables pourvu que le champ E_μ soit assez voisin (au sens usuel) du champ E_0.

[4] Les résultats de cette Note restent valables si l'on admet des fibres singulières (au sens de M. Seifert).

Remarquons aussi que dans le cas où l'ensemble des singularités de $\widetilde{E}$ ne satisfait pas aux hypothèses du théorème III, on a cependant, par le lemme I, des renseignements sur le comportement des trajectoires de E_μ.

[1] *Proc. Neder. Akad. v. Wet. Proceed.*, 53, 1944, p. 261, et 49, 1946, p. 1127.

[2] *S. B. preuss. Akad. Wiss.*, 1930, p. 57-71 et 158-169; *Math. Annalen*, 98, 1928, p. 491-538

figure pas de négation; en outre, seules les suppositions réalisables sont permises, d'où logique de complémentarité et signification particulière du *ou* noté $\bigvee$.

La théorie du nombre réel et des espèces de nombres réels étant établie (une espèce est définie par une propriété de l'élément générique; il n'y a pas alors d'espèce vide), on peut construire une géométrie analytique et poser des axiomes géométriques tels que cette géométrie les réalise.

Les notions fondamentales seront celles de *point* (considéré comme élément d'un ensemble), de *droite* (considérée comme espèce de points), *d'appartenance d'un point à une droite, d'écart de deux points*. L'écart ω est une relation entre points satisfaisant aux axiomes suivants, posés par M. Griss :

a. $A\omega B \rightarrow B\omega A$;

b. $A = B$ & $A\omega D \rightarrow B\omega D$ en posant $A = B =_d \forall X . B\omega X \rightarrow A\omega X$;

c. $A\omega B \rightarrow C\omega A \bigvee C\omega B$.

On démontre en utilisant les règles logiques posées par M[me] Destouches-Février ([3]) que la coïncidence entre points définie ci-dessus satisfait aux propriétés habituelles de l'égalité.

2. Étude de la géométrie projective plane :

Axiomes d'existence [les axiomes I, III, IV sont dus à M. Heyting ([2]), les autres ont été modifiés].

I. *Il existe deux points écartés.*

II. *Deux points écartés déterminent au moins une droite qui les contient.*

III. *En dehors d'une droite il existe un point.*

Définitions : $A \notin l =_d \forall X . X \in l \rightarrow A\omega X$. ($\notin$ se lit hors de, $\in$ appartient à).
$l \# m =_d \exists X . X \in l$ et $X \notin m$ ($\#$ se lit écarté de).

Conséquence : Il existe deux droites écartées.

IV. *Chaque droite contient au moins trois points, deux à deux écartés.* Sur la droite on peut donc appliquer la propriété $A\omega B \rightarrow C\omega A \bigvee C\omega B$.

V. *Deux droites écartées déterminent au moins un point qui appartient aux deux,*

Axiome de position. VI. *Axiome du triangle :* $B\omega C$ *et* A *en dehors d'une droite* BC, *alors* B *est situé en dehors de toute droite* AC.

On peut en déduire les théorèmes suivants :

1. $l \# m \rightarrow m \# l$.

2. *Sur une droite est valable* $\forall X . R\omega X \rightarrow P\omega X : \rightarrow : P = R$.

3. S *étant un point commun à deux droites écartées* l *et* m, *tout point* P *de* l *écarté de* S *est situé en dehors de* m.

4. *Deux droites écartées déterminent un point* S *et tout point commun à ces droites coïncide avec* S.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 38-39.

5. *Deux points écartés déterminent une droite l et toute droite contenant ces deux points est identique à l.*

Pour la démonstration on utilise la définition de l'identité de deux espèces.

6. $l \# p$ *et* S *leur point commun et* T *un point quelconque écarté de* S, *alors* T *est situé en dehors de l ou de p.*

7. P *écarté de tout point en dehors de l appartient à l.*

8. *Pour les droites est valable la propriété :* $\forall m . p \# m \rightarrow l \# m : \rightarrow : l = p$.

9. $l \# m \rightarrow n \# l \vee n \# m$.

Ces théorèmes mettent en évidence la dualité entre points et droites et l'on vérifie facilement qu'elle existe pour les axiomes III, IV, VI, les seuls qui restaient à considérer.

VII. *Axiome de Desargues : si deux triangles ayant leurs éléments homologues écartés sont tels que les droites qui joignent les sommets homologues sont concourantes, les points d'intersection des côtés homologues sont alignés.* Propriété qui doit être posée comme axiome, d'après les travaux de Hilbert ([4]).

La réciproque : *si deux triangles ayant leurs éléments homologues deux à deux écartés sont tels que les points d'intersection des côtés homologues sont alignés, les droites joignant les sommets homologues sont concourantes* peut alors être démontrée, car les hypothèses faites permettent dans tous les cas de trouver deux triangles satisfaisant aux conditions d'application de l'axiome de Desargues, et par suite d'établir la propriété demandée. (Inversement si l'on admet cette réciproque comme axiome, on démontre la propriété directe.)

ÉLASTICITÉ. — *Influence d'un couple sur les contraintes élastiques dans un contact à deux dimensions.* Note de M. **Albert Kammerer**, présentée par M. Henri Beghin.

L'un des systèmes d'isostatiques (traits pleins) est formé de droites dont l'inclinaison varie depuis le centre O du contact (OO_2) jusqu'aux extrémités A, B (AA_2, BB_2), (*fig.* 1 *a*). Les isostatiques de l'une des pièces sont les symétriques par rapport à AB et à O des isostatiques de l'autre pièce; il en est de même pour les isochromes (traits allongés) représentant la différence des tensions principales dont le maximum se produit en C_1 (ou C_2).

Si les points m de AB étaient des points ordinaires, il existerait, sur chaque élément du contact en m, une contrainte tangentielle t, ayant même direction dans l'un et l'autre corps; comme elles doivent être égales et de sens opposés, $t = 0$ (l'hypothèse de Hertz est vérifiée); le long du contact, la différence des tensions principales est nulle ([1]) (tous les points sont singuliers).

([4]) *Ann. Éc. Norm.*, 17, 1900, p. 162-166.

([1]) La vérification expérimentale de ce point est délicate, car cette différence augmente très rapidement lorsqu'on s'éloigne du contact, de O vers C_1 par exemple, il n'est pas possible de voir si elle s'annule en O.

Cas du couple moteur s'exerçant juste avant le démarrage (*fig.* 2). — *a*. Les isochromes changent de forme, le maximum de la différence des tensions principales conservant sensiblement la même valeur; *b*. L'orientation des isostatiques change; dans le disque, l'isostatique orthogonale vient immédiatement

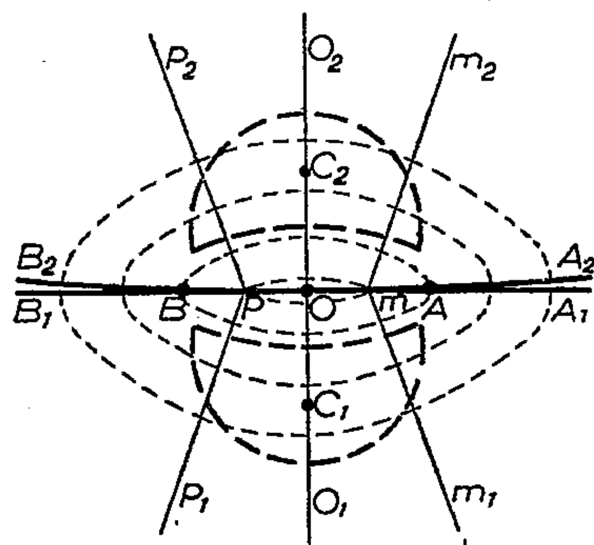


Fig. 1 *a*.

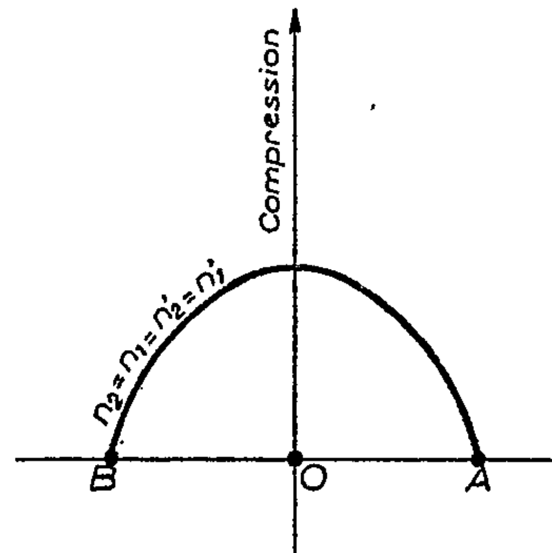


Fig. 1 *b*.

en BB_2, l'isostatique passant par O est oblique; celle appartenant au même système et passant par $A(AA_2)$ ne change pas; *c*. L'ensemble des isostatiques et des isochromes du disque sont les symétriques des courbes correspondantes du rail par rapport à O; la symétrie par rapport à AB a disparu.

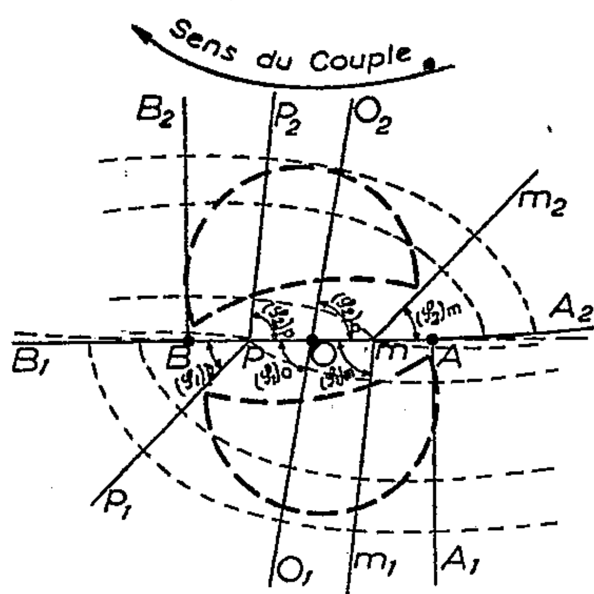


Fig. 2 *a*.

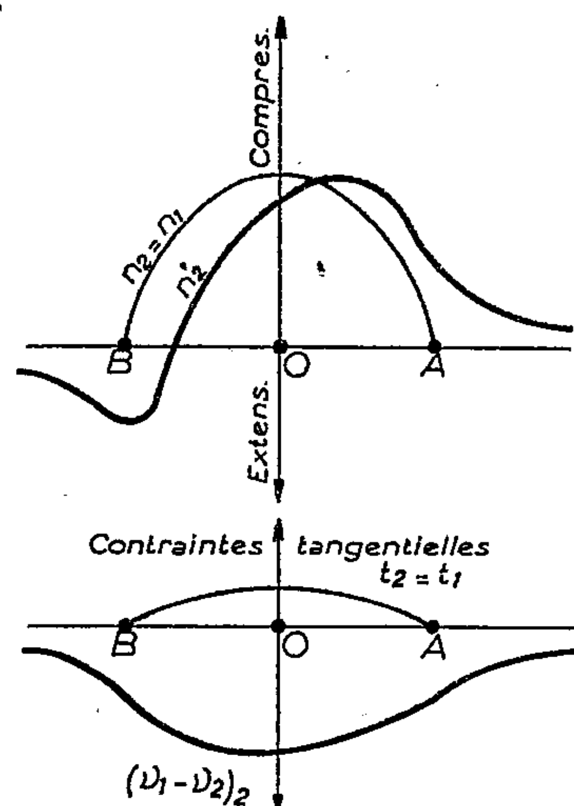


Fig. 2 *b*.

En *m*, la différence des tensions principales n'a pas la même valeur dans le disque et dans le rail; les points de contact n'étant plus singuliers, la contrainte sur un élément du contact en *m* est oblique; il existe une contrainte tangentielle dirigée vers la droite dans le disque et vers la gauche dans le rail, leurs valeurs absolues étant égales. La différence des tensions principales est, dans

le disque, sur OA, inférieure à celle du rail aux mêmes points; l'inverse se produit le long de BO. Or

1° dans le disque :

$$t_2 = \frac{\sin^2\varphi_2}{2}(\nu_1 - \nu_2)_2 \qquad n_2 = (\nu_1)_2 \sin^2\varphi_2 + (\nu_2)_2 \cos^2\varphi_2;$$

2° dans le rail :

$$t_1 = \frac{\sin^2\varphi_1}{2}(\nu_1 - \nu_2)_1 \qquad n_1 = (\nu_1)_1 \sin^2\varphi_1 + (\nu_2)_1 \cos^2\varphi_1,$$

$(\nu_1)_1$ et $(\nu_1)_2$ étant dirigées suivant les isostatiques en traits pleins, $\nu_1 - \nu_2$ est toujours négatif (correspond à une compression); $\sin 2\varphi_1$ et $\sin 2\varphi_2$ sont positifs, il faut donc avoir : $\sin 2\varphi_1(\nu_1 - \nu_2)_1 = \sin 2\varphi_2(\nu_1 - \nu_2)_2$. En m sur le segment OA, $(\nu_1 - \nu_2)_1$ étant supérieur à $(\nu_1 - \nu_2)_2$, $(\varphi_1)_m$ doit être supérieur à $(\varphi_2)_m$ et à $\pi/2 - (\varphi_2)_m$ sauf en O où $(\varphi_1)_0 = (\varphi_2)_0$, la différence des tensions principales ayant même valeur dans les deux pièces (symétrie par rapport à O). On a de même $n_1 = n_2$ en tout point m; par suite, les courbes $n_1 = n_2$ et $t_1 = t_2$ sont symétriques par rapport à O. D'autre part, puisque $(\varphi_2)_p = (\varphi_1)_m$, $(\varphi_2)_p$ est différent de $(\varphi_2)_m$ et de $\pi/2 - (\varphi_2)_m$.

Sur les figures 1*b* et 2*b* sont représentées les courbes: *a*. des contraintes normale $(n_1 = n_2)$ et tangentielle $(t_1 - t_2)$; *b*. de la contrainte normale n'_2 parallèle au contact dans le disque; *c*. de la différence des tensions principales $(\nu_1 - \nu_2)_2$ dans le disque.

n'_2 n'est pas symétrique par rapport à O : à l'extérieur de B, dans le disque, n' est une traction, la région située au delà de A étant comprimée. On observe l'inverse dans le rail; ce phénomène connu explique le pseudo-glissement produit par la superposition des régions comprimées de la roue et des régions tendues du rail (ou inversement).

Remarque. — Si l'on avait $(\varphi_2)_p = (\varphi_2)_m$ ou $\pi/2 - (\varphi_2)_m$, n_2 et t_2 étant symétriques par rapport à O, il faudrait qu'il en soit de même de $\nu_1 - \nu_2$ et, par suite, de n'_2 [relations (1) et (2); on aurait même $n_2 = n'_2$], ce qui exclurait l'existence de la compression et de la traction des régions du disque et du rail extérieures au contact.

ASTROPHYSIQUE. — *Influence de la courbure de l'atmosphère solaire sur l'intensité d'une radiation monochromatique au voisinage du bord du disque.* Note (*) de M. **Paul Proisy**, présentée par M. André Danjon.

1. Depuis que l'on sait mesurer le rayonnement solaire du bord extrême du disque, par la méthode de Julius (1) ou de Lindblad (2), ou par des mesures

(*) Séance du 21 mars 1949.

(1) W. H. Julius, *Astrophysical Journal*, 23, 1906, p. 312; 37, 1913, p. 225.

(2) *Voir* R. Wildt, *Ibid.*, 108, 1947, p. 83.

directes sur des clichés pris avec des filtres colorés par Minnaert ([3]), la connaissance de l'influence de la courbure des couches de l'atmosphère solaire et de la réfraction des rayons lumineux dans cette atmosphère est devenue nécessaire pour interpréter les résultats.

Unsöld ([4]) estime la distance d du centre à laquelle la courbure des couches se fait sentir à 0,9998 rayon solaire ($\cos\theta_0 = 0{,}02$). Le calcul permet de préciser cette influence, on en trouvera ici le principe, ainsi que les résultats auxquels ils conduisent pour la radiation $0^\mu{,}5$.

2. L'intensité d'une radiation λ à la surface d'une étoile est représentée, en fonction de l'angle θ sous lequel le rayon lumineux traverse les différentes couches de profondeurs optiques τ_λ de l'atmosphère stellaire, du rapport J des coefficients d'émission et d'absorption en chaque point du rayon lumineux, et de l'intensité I_0 au centre du disque stellaire, par la relation

$$\frac{I(\theta_0)}{I_0} = \int_0^\infty \left(\frac{J}{I_0}\right) \sec\theta \exp\left(-\int_0^\tau \sec\theta \, d\tau\right) d\tau. \quad (1)$$

Dans une atmosphère plane, θ reste égal à sa valeur θ_0 à la surface, et l'on a

$$\frac{I(\theta_0)}{I_0} = \sec\theta_0 \int_0^\infty \left(\frac{J}{I_0}\right) \exp(-\tau \sec\theta_0) \, d\tau. \quad (2)$$

Lorsque l'atmosphère est formée de couches sphériques concentriques uniformes, la loi d'assombrissement à la surface de l'étoile est un polynome de degré n en $\cos\theta$, avec des termes supplémentaires dont j'ai indiqué les expressions ([5]). Dans le cas du Soleil, un polynome du 2e degré représente les meilleures mesures faites de l'assombrissement ([6]), l'influence des termes supplémentaires dans ce cas est, en effet, juste égale aux erreurs de mesures. Enfin, on sait ([7]) que si I/I_0 est représenté par $\Sigma A_n \cos^n\theta$, la fonction J, supposée indépendante de θ, a pour expression

$$J(\tau) = \left(\frac{J_0}{A_0}\right) \sum \left(\frac{A_n}{n!}\right) \tau^n. \quad (3)$$

3. La courbure de l'atmosphère tend à faire croître $\sec\theta$ avec τ; l'équation (1) montre qu'alors la contribution au rayonnement des couches externes se trouve accrue, les variations relatives de $\sec\theta$ étant plus fortes que celles

---

([3]) M. Minnaert, *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* (sous presse). Ce renseignement ainsi que l'exposé de la méthode et de ses résultats m'ont été donnés par leur auteur.

([4]) A. Unsöld, *Annalen der Physik*, 3, 1948, p. 124.

([5]) P. Proisy, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1479.

([6]) D. Chalonge et V. Kourganoff, *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 69.

([7]) R. Lundblad, *Astrophysical Journal*, 58, 1923, p. 113.

de $\exp\left(-\int_0^\tau \sec\theta\, d\tau\right)$ lorsque τ est voisin de o; au contraire celle des couches internes se trouve diminuée.

L'influence de cette courbure a été déterminée pour la radiation de $0^\mu,5$ à l'aide des équations (1), (2) et (3); les variations de $\sec\theta$ avec τ dans l'atmosphère sphérique se déduisant de celles de la profondeur géométrique des couches en fonction de leur profondeur optique moyenne $\bar{\tau}$, que j'ai indiquées récemment (8).

L'augmentation de l'intensité dans les couches externes et la diminution dans les couches internes atteignent 0,1 à 0,2 % de l'intensité émergente I à la distance du centre $d = 0,95$; leur somme négative reste toutefois négligeable. Au delà de 0,95 les variations croissent et atteignent 1 à 2 % pour $d = 0,998$, 3 à 4 % pour $d = 0,9995$, 10 % enfin au point extrême considéré ($d = 0,9998_3$).

La somme de ces deux variations reste faible et négative jusque $d = 0,9996$; elle est de l'ordre de 0,001 (soit 0,3 % de I) entre $d = 0,99$ et $d = 0,9995$; près du bord extrême, elle devient positive et atteint 0,0035 et 0,009 pour $d = 0,9997_3$ et $0,9998_3$ (1 et 3 % de I environ).

La principale source d'erreur provient de l'indétermination de l'épaisseur des couches superficielles ($\bar{\tau} = 0$ à $\bar{\tau} = 0,01$); les calculs ont été faits avec les variations de $\sec\theta$ que l'on obtient en extrapolant ses variations dans les couches plus profondes, et avec les variations extrêmes admissibles, qui correspondent à des valeurs maximum et minimum possibles de l'épaisseur des couches superficielles.

Le tableau ci-dessous fait connaître les résultats obtenus :

Variation de (I/I_0) $0,5\,\mu$ *avec la distance d au centre du disque solaire, lorsqu'on passe des couches planes aux couches sphériques, dans le cas où l'on adopte la valeur maximum* h_M *et minimum* h_m *de l'épaisseur des couches superficielles, ou la valeur h correspondant à l'extrapolation des variations de* $\sec\theta$ *avec* τ.

d........	$=0,998$.	0,999.	0,9995.	$0,9997_3$.	$0,9998_3$.
h_M........	−0,0005	−0,0004	−0,0001	+0,0075	+0,025
h..........	−0,0008	−0,0020	−0,0012	+0,0035	+0,009
h_m........	−0,0014	−0,0027	−0,0026	+0,0002	+0,003

CHRONOMÉTRIE. — *Système d'entretien à plusieurs pendules conjugués.* Note (*) de M. **Raymond Chaléat**, présentée par M. Jules Haag.

1. Le dispositif de couplage étudié précédemment (1), dont le mécanisme d'entretien à coup perdu est difficile à réaliser autrement qu'à l'aide d'une roue

(8) P. Proisy, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 739.

(*) Séance du 21 mars 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 538.

à rochet et d'un sautoir, rend le système tributaire de toutes les irrégularités inévitables de taillage de cette roue. On peut songer alors à des contacts, réalisés comme ceux du dispositif de distribution de certaines horloges mères, qui se ferment à chaque passage à la verticale dans les deux sens. Nous imaginons, donc, n pendules P_i de pulsation propre ω_i formant une chaîne; le pendule P_i recevant son impulsion de restitution chaque fois que le précédent P_{i-1} se trouve dans l'angle défini par $-\beta_{i-1} \leqq \theta_{i-1} \leqq \beta_{i-1}$.

2. Nous admettrons que chaque P_i est soumis à un couple électromagnétique $\Gamma_i = A_i(k_i - \lambda\theta'_i)$, ($\lambda$ étant un facteur arbitraire dont nous disposerons suivant les propriétés des pendules utilisés); et à un amortissement purement *visqueux* de décrément πa_i. Le système prend en régime synchronisé une pulsation ω reliée à chaque ω_i par $\omega_i^2 = \omega^2(1+\varepsilon_i)$. Le mouvement de P_i est régi par $\theta''_i + \omega_i^2\theta_i = \omega_i^2\Gamma_i - \omega_i a_i \theta'_i = Q_i$; la méthode générale ([2]) conduit aux équations de synchronisation

$$2\pi\omega^2\varepsilon_i y_i = \int_0^{2\pi} Q_i \cos\varphi_i \, d\varphi,$$

où $\varphi_i = \omega t + x_i$ (x_i représentant le déphasage de P_i),

$$\int_0^{2\pi} Q_i \sin\varphi_i \, d\varphi = 0.$$

3. Dans le cas particulier envisagé, ces équations s'écrivent en supposant un contact bref lors du passage à la position d'équilibre (intéressant pour le rendement électrique),

$$(1) \qquad \begin{cases} \pi\varepsilon_i y_i y_{i-1} = -2A_i\omega y_i \beta_{i-1} \sin 2(x_i - x_{i-1}), \\ \pi a_i y_i y_{i-1} = -4A_i\omega y_i \beta_{i-1} \cos^2(x_i - x_{i-1}). \end{cases}$$

La dernière équation implique que l'on ait : $A_i < 0$. Les deux équations (1) admettent la racine évidente $y_i = 0$ (amplitude nulle), solution à rejeter, de plus la théorie utilisée ne s'applique pas dans ce cas. Ces équations sont *indépendantes* des k_i, c'est-à-dire *de la tension des sources* utilisées, ce qui pratiquement est intéressant. De (1) on déduit le déphasage par

$$\operatorname{tg}(x_i - x_{i-1}) = \frac{\varepsilon_i}{a_i} \quad (2),$$

qui, jointe à $\Sigma(x_i - x_{i-1}) = 0$, se traduit par $S_1 - S_3 + S_5 - S_7 \ldots = 0$ (3), où S_p désigne la somme des produits p à p des ε_i/a_i. L'équation (3) est de degré $n-1$ en ω^2, ce qui prouve qu'il y a $n-1$ *points de synchronisation possibles*. On déduit alors de (1) l'amplitude par $\pi\sqrt{\varepsilon_i^2 + a_i^2}\, y_{i-1} = 4\,|A_i\omega\beta_{i-1} a_i|$.

L'équation de stabilité s'obtient en annulant le déterminant du système

([2]) J. Haag, *Annales de l'École Normale*, (3), 64, fasc. 4, 1948.

des $2n$ équations aux $2n$ inconnues ξ_i et η_i

$$\rho\xi_i = \varepsilon_i\eta_{i-1} + \frac{H_i(\xi_i - \xi_{i-1})}{y_{i-1}},$$

où

$$\rho\eta_i = -a_i\eta_{i-1} - 2\varepsilon_i(\xi_i - \xi_{i-1}),$$
$$\pi(a_i^2 + \varepsilon_i^2)H_i = 4A_i\omega\beta_{i-1}(a_i^2 - \varepsilon_i^2),$$

dont on écartera la racine évidente $\rho = 0$.

4. *Cas de deux pendules.* — L'équation (3) se réduit immédiatement à $S_1 = 0$ et donne pour la pulsation du seul régime synchronisé possible $(a_1 + a_2)\omega^2 = a_1\omega_2^2 + a_2\omega_1^2$; le déphasage relatif est donné par

$$\operatorname{tg}(x_1 - x_2) = \frac{(\omega_1^2 - \omega_2^2)}{(a_1 - a_2)},$$

il s'annule lorsque les deux pendules ont même pulsation propre.

L'équation de stabilité est obtenue en développant le déterminant

$$\begin{vmatrix} \rho & \frac{H_1}{y_2} & 0 & -\varepsilon_1 \\ \rho & \rho - \frac{H_2}{y_1} & -\varepsilon_2 & 0 \\ 0 & -2\varepsilon_1 & \rho & a_1 \\ 0 & +2\varepsilon_2 & a_2 & \rho \end{vmatrix} = 0,$$

et se met sous la forme

$$\rho^3 + M\rho^2 + N\rho + P = 0 \quad \text{avec} \quad \pi(a_1^2 + \varepsilon_1^2)M = -4\omega(a_1^2 - \varepsilon_1^2)\left(A_1\frac{\beta_2}{y_2} + A_2\frac{\beta_1}{y_1}\right),$$
$$N = a_2\frac{(\varepsilon_1^2 - 4a_1^2)}{a_1}, \qquad P = -a_1a_2M - \varepsilon_1^2\frac{(a_1 + a_2)a_2}{a_1}.$$

Pour que la stabilité soit assurée, il faut en particulier que M soit positif, mais P est alors négatif. Toutes les conditions de stabilité ne sont pas satisfaites et le *dispositif de couplage envisagé est instable.*

5. Nous avons réalisé expérimentalement le couplage de deux pendules identiques battant la demi-seconde et nous avons constaté qu'en aucun cas, quelles que soient les conditions initiales, il n'existe de régime stable. Celui-ci est troublé par des battements d'amplitude; à l'inverse des pendules indépendants, *il n'y a pas d'auto-stabilisation de l'amplitude.* Il existe d'ailleurs *deux régimes d'entretien possibles.* Le premier, obtenu lorsque les connexions sont telles que la condition $A_i < 0$ soit réalisée, est caractérisé par des battements d'amplitude dont la profondeur atteint $1/10^e$ de l'amplitude totale, et dont la période est voisine de 30 secondes. Pour le second, obtenu en inversant les connexions, chacun des deux pendules prend instantanément une forte amplitude pour la perdre lors de la demi-oscillation suivante, il reprend pendant celle qui succède une grande amplitude et ainsi de suite, ce régime se poursuivant indéfiniment aussi longue que soit la durée d'observation.

CHALEUR. — *Sur la fusion de l'alumine au four solaire*. Note de MM. **Félix Trombe, Marc Foëx** et M[lle] **Charlotte Henry La Blanchetais**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'alumine, en cristaux de dimensions 0,03 à $0^{mm},7$, se présente comme un corps blanc, opaque au rayonnement solaire, mais réfléchissant une grande partie de ce rayonnement.

La poudre d'alumine précédente, agglomérée avec une faible proportion d'alumine colloïdale, puis comprimée et séchée, donne une masse poreuse solide dont la fusion, au foyer d'un four solaire d'une puissance de l'ordre de 2 kW s'effectue lentement et s'accompagne d'une abondante volatilisation, à raison de 2,5 g/min.

Les résultats sont tout différents lorsqu'on soumet à l'action du rayonnement solaire, au niveau du foyer de l'appareil, les mêmes cristaux d'alumine sous forme de poudre séchée, non comprimée, qui possède une densité apparente de l'ordre de 1, alors que la densité des cristaux (corindon) est égale à 4.

Dès les premières secondes de l'action du rayonnement, il se forme des petits globules fondus tournant très rapidement sur la poudre; ces globules ont tendance à se rassembler et à s'enfoncer profondément. Si l'on déplace, sur la surface de l'alumine, l'image solaire, on obtient un grand nombre de globules, ayant la dureté du corindon, de dimensions comprises entre 1^{mm} et 5 à 6^{mm}.

Lorsque la position de l'image reste fixe au niveau de la surface de la poudre, il se forme très vite une cavité dont le fond est occupé par une masse fondue. La cavité s'agrandit progressivement et l'on peut se rendre compte, par une série d'opérations effectuées pendant des temps croissants, que *la vitesse de fusion de l'alumine est beaucoup plus grande*, par ce processus, que lorsque le traitement est effectué en surface.

Des essais systématiques, prolongés pendant 20 minutes, nous ont montré que l'on pouvait obtenir ainsi la formation de cavités ayant une surface intérieure de plus de 50^{cm^2}, alors que la surface de l'image solaire est inférieure à 1^{cm^2} et que celle de l'orifice d'accès du rayonnement ne dépasse pas 3^{cm^2}.

Nous avons obtenu ainsi la formation naturelle d'une cavité pratiquement isotherme, fonctionnant comme un corps noir et dont l'un de nous a souligné, dans une Note précédente [1] les avantages. En effet, l'énergie incidente est captée entièrement par la cavité qui rayonne elle-même, au point de fusion de l'alumine, une quantité d'énergie beaucoup plus faible que celle qu'elle reçoit.

Dans le chauffage de surface, au contraire, l'alumine, corps blanc à grand pouvoir réflecteur, réfléchissait plus d'énergie qu'elle n'en captait effectivement.

(1) Trombe, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 986.

Les résultats de nos opérations montrent que la vitesse de fusion moyenne de l'alumine passe de 2,5 g/min. (chauffage de surface) à 8 g/min. Cette vitesse de fusion décroît lentement à mesure que la cavité et l'ouverture d'accès du rayonnement s'agrandissent.

Le bilan thermique de l'opération, dans les conditions optima (essai 4), ne peut être dressé complètement car nous n'avons pu connaître la chaleur de fusion de l'alumine. Elle paraît néanmoins très inférieure à la chaleur d'échauffement. Si l'on admet, pour l'alumine, une chaleur spécifique moyenne de 0,3 entre 20 et 2050°C., la chaleur d'échauffement, par gramme, représente 609 calories ou 0,71 watt-heure. Pour porter au seuil de fusion 8^g d'alumine à la minute il faudra donc dépenser 340 watts.

Opérations.	Temps de traitement (sec).	Masse de produit fondu obtenue (g).	Diamètre final de l'orifice d'accès du rayonnement (cm).	Volume approximatif de la cavité formée (cm³).	Vitesse moyenne de fusion (g/min).
1.........	15	0,6	–	–	2,4
2.........	30	2,8	1,1	5	5,6
3.........	60	7	1,5	7	7,0
4.........	120	16	1,5	15	8,0
5.........	190	21	1,4	18	6,6
6.........	300	28,5	1,8	–	5,7
7.........	630	51,5	1,9	25	4,9
8.........	1200	94	2,0	–	4,7

L'énergie perdue par le rayonnement de la cavité, assimilée à un corps noir, à 2050°C. serait, à raison de 166 W/cm², au maximum de 300 W. L'appareil ayant une puissance effective d'au moins 1500 W, plus de 800 W sont absorbés par la chaleur de fusion de l'alumine, probablement peu élevée, et les pertes par conductibilité dans la poudre. Ce sont ces pertes que l'on peut espérer réduire beaucoup dans les opérations futures.

Les masses d'alumine fondue présentent une densité de 3,2 environ, nettement inférieure à celle du cristal de corindon ($d = 4$). En effet, de nombreuses géodes se forment pendant la solidification qui doit, par conséquent, s'effectuer avec un retrait important.

ACOUSTIQUE. — *Sur les pressions sonores reçues par un observateur en mouvement relatif par rapport à une source ponctuelle en mouvement rectiligne uniforme à vitesse supersonique dans un fluide parfait.* Note de M. **Pierre Liénard**, présentée par M. Louis de Broglie.

1° On a donné dans une précédente Note (¹) les expressions analytiques et les caractéristiques du champ sonore produit par une source à vitesse supersonique, par rapport à des axes attachés à cette source.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 910.

Nous voulons maintenant étudier les variations de pression observées en un point B mobile par rapport à la source O.

La valeur efficace de la pression totale est connue par la représentation du champ donnée dans la Note ci-dessus. Il reste à définir les fréquences observées.

Nous rapportons la figure de révolution obtenue pour le champ sonore de la source aux deux axes orthogonaux Ox, Oy, attachés à la source O, Ox étant l'axe de révolution.

2. En chaque point B : $x(t)$, $y(t)$, la pression sonore est la somme des deux termes

$$(1)\qquad \begin{cases} p_1 = \dfrac{a\omega}{c(\xi+\tau)}\, e^{i(\omega t-\xi-\tau)}, \\ p_2 = \dfrac{a\omega}{c(\xi-\tau)}\, e^{i(\omega t-\xi+\tau)}, \end{cases}$$

ω étant la pulsation émise, c la célérité du son dans le milieu, et ξ, τ, les coordonnées réduites, sans dimension

$$(2)\qquad \begin{cases} \xi = \dfrac{\omega}{c}\,\dfrac{1}{M^2-1}\,x, \\ \tau = \dfrac{\omega}{c}\,\dfrac{1}{M^2-1}\sqrt{x^2-(M^2-1)y^2}, \end{cases}$$

où $M = V/c > 1$ est le nombre de Mach-Sarrau de la source sonore de vitesse $-V$ suivant l'axe Ox.

ξ et τ étant maintenant fonctions du temps, nous définirons la pulsation d'une fonction de la forme $\sin\Omega$ par

$$\omega = \frac{d\Omega}{dt}.$$

En chaque point $B(x, y)$ intérieur au cône sonore, on entendra donc, en général, pour *chaque pulsation* ω émise par la source, *deux pulsations variables* avec le temps,

$$(3)\qquad \frac{\omega_1}{\omega} = 1 - \frac{d\xi}{dt} \pm \frac{d\tau}{dt}.$$

3. Il n'y aura qu'*une seule fréquence* perçue en B si $\tau = \text{const.}$, c'est-à-dire si B se déplace d'une manière quelconque sur une nappe d'hyperboloïde intérieure et asymptotique au cône sonore (à la limite, sur ce cône), comme le définit la deuxième équation (2). La valeur de cette fréquence dépend de $x(t)$; elle est constante si la projection de B sur l'axe Ox est en mouvement uniforme par rapport à O.

4. On percevra en B *deux fréquences constantes* si $d\xi/dt = \text{const.}$ et $d\tau/dt = \text{const.}$, c'est-à-dire si la trajectoire, rabattue sur un plan méridien, est l'une des coniques centrées en un point différent de O de la famille définie par

l'équation (2) et $\tau = \tau_0 + \beta t$, la projection de B sur Ox étant encore en mouvement uniforme. En particulier, cette conique se décompose en deux droites si elle est centrée en O, le mouvement de B se rabat alors suivant un mouvement rectiligne uniforme passant par O.

5. Si la trajectoire de B se rabat sur un plan méridien suivant une droite parcourue d'un mouvement uniforme et ne passant pas par O, la différence des deux fréquences perçues est infinie sur le bord du cône sonore (discontinuité) et nulle au milieu de la corde déterminée par le cône sur la droite.

6. Un cas particulier intéressant est celui où le point B parcourt l'axe ox à une vitesse uniforme u par rapport à O. En posant $u = c(M - M_1)$, M_1 est le nombre de Mach Sarrau du mobile B, qui reçoit, pour chaque pulsation ω émise par O, les pulsations constantes :

$$(4) \qquad \omega_1 = \omega \frac{M_1 + 1}{M + 1} \quad \text{et} \quad \omega_2 = \omega \frac{M_1 - 1}{M - 1}.$$

On peut donc calculer M et M_1 si l'on mesure ω, ω_1 et ω_2. Si M_1 est connu, on peut éliminer ω et calculer M par la seule connaissance de la somme et de la différence des fréquences reçues.

Enfin, si la trajectoire de B est une droite parallèle à l'axe Ox, les deux fréquences reçues sont variables mais tendent rapidement (en décroissant) vers les valeurs limites correspondant au déplacement sur l'axe. Si B est un point fixe par rapport à l'espace absolu (vitesse V par rapport à O), les limites des pulsations reçues vérifient

$$(5) \qquad M = \frac{\omega_2 + \omega_1}{\omega_2 - \omega_1}.$$

Du fait que la source O est de vitesse supersonique, le point B reçoit deux ondes distinctes, semblant venir de directions opposées tant que $M_1 < 1$, et dont les fréquences sont déformées par l'effet Doppler.

MAGNÉTISME. — *Sur le traînage magnétique des métaux massifs.* Note (*) de MM. **Israel Epelboin** et **André Marais**, présentée par M. Aimé Cotton.

On entend par traînage ou viscosité magnétique la différence entre les pertes réelles Pr et les pertes Po calculées en tenant compte de l'hystérésis et des courants de Foucault dans un matériau supposé homogène et de conductibilité σ_0 déterminée en courant continu.

Des mesures d'impédance d'une bobine à enroulements démontables [1] dont le noyau est progressivement dissous par polissage électrolytique permettent de déterminer la perméabilité μ_z de celui-ci en un point situé à une

(*) Séance du 14 mars 1949.

[1] I. Epelboin, *Onde électrique*, 28, 1948, p. 322 et 444.

distance z de son milieu. Ceci a permis de trouver, il y a un an [2], que la perméabilité des rubans ferromagnétiques usuels atteint un maximum μ_0 pour $z = 0$.

Depuis, nous avons fait des mesures en ne polissant qu'une seule face, et ce maximum a été confirmé (*fig.* 1) avec un léger décalage dû à la difficulté d'isoler parfaitement le côté que l'on ne polit pas.

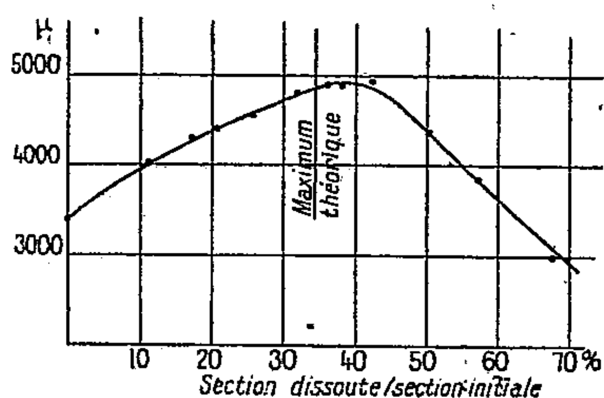


Fig. 1.

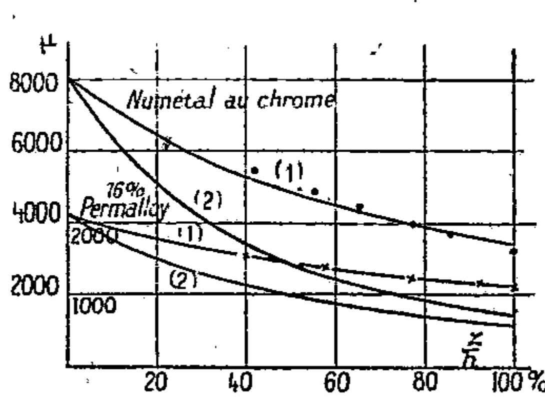


Fig. 2.

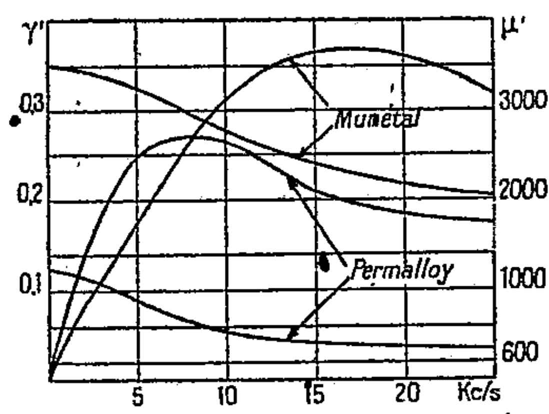


Fig. 3.

Fig. 1. — Perméabilité en fonction de la section dissoute en ne polissant qu'une seule face. Le maximum théorique a été calculé pour : $\mu_z = \frac{\mu_0}{(1+kz)^2}$.

Fig. 2. — Courbes 1 : comparaison des valeurs expérimentales de la perméabilité moyenne avec $\frac{\mu_0}{1+kz}$.

Courbes 2 : $\mu_z = \frac{\mu_0}{(1+kz)^2}$.

Fig. 3. — Courbes de μ' et γ' en fonction de la fréquence d'après les résultats de la figure 2.

Soit une tôle d'épaisseur $2h$ beaucoup plus faible que les deux autres dimensions, on peut admettre, alors, que l'induction est de la forme

$$B = B_0(1 - \alpha z + \beta z^2 - \ldots),$$

où α et β sont des coefficients caractéristiques de la texture magnétique. Si B est parallèle au champ, les pertes P'_0 calculées sont alors telles que

$$\frac{P'_0}{P_0} = \frac{1 - \frac{3}{4}\alpha h + \left(\frac{3\alpha^2}{20} + \frac{2\beta}{5}\right)h^2 - \frac{\alpha\beta}{6}h^3 + \frac{\beta^2}{21}h^4}{\left(1 - \frac{\alpha h}{2} + \frac{\beta h^2}{3}\right)^2}.$$

L'augmentation des pertes n'est donc pas due uniquement à l'état de surface de l'échantillon, mais aussi aux coefficients de texture magnétique. Ceci est vérifié expérimentalement, car un polissage électrolytique très superficiel n'entraîne généralement qu'une diminution des pertes réelles Pr de l'ordre de quelques dizaines pour cent, tandis que d'après les données de la littérature les valeurs de Pr/Po des tôles usuelles dépassent plusieurs unités même aux fréquences industrielles et quelle que soit la valeur de l'induction.

Les résultats précédents sont généraux ; on peut les préciser dans le domaine

(2) P. Abadie et I. Epelboin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1706.

des champs très faibles (perméabilités initiales), et aux fréquences inférieures à la fréquence de Larmor du spin. Dans ces conditions, le traînage magnétique se manifeste sous deux aspects :

1° Accroissement des pertes par courants de Foucault $\sigma_a/\sigma_0 > 1$, σ_a étant la conductibilité apparente offerte aux courants de Foucault déterminée à partir des pertes réelles.

2° Existence d'une perméabilité complexe $\mu(1 - j\gamma)$ qui présente en fonction de la fréquence, des courbes caractéristiques de dispersion pour μ, et d'absorption pour γ.

L'introduction de la valeur expérimentale de μ_z dans les équations de Maxwell, généralise la méthode de calcul des pertes par courants de Foucault de V. Arkadiev ([3]) pour $\sigma_a/\sigma_0 > 1$, car elle détermine les valeurs de $\mu'(1 - j\gamma')$ et de σ'_a/σ_0, $\mu'(1 - j\gamma')$ et σ'_a étant la perméabilité complexe et la conductibilité apparente dues à la texture magnétique. Ainsi d'après la figure 2 basée sur des résultats expérimentaux indiqués précédemment ([1]) et ([4]), on trouve conformément à une supposition de Polivanov ([3])

$$\mu_z = \frac{\mu_0}{(1 + kz)^2} \qquad \text{avec} \quad z \geqq 0.$$

L'équation différentielle du deuxième ordre du champ est alors du type de celle de Euler. D'où des formules pour μ', γ' et σ'_a/σ_0 qui seront publiées dans un autre recueil et dont l'application aux résultats expérimentaux de la figure 2 est résumée dans le tableau numérique et la figure 3.

Tableau numérique.

	μ_0	kh	$2h$ cm	σ_a/σ_0	σ'_a/σ_0
Permalloy.......	2110	σ,90	20.10^{-3}	1,8	1,35
Mumétal.........	8100	1,33	11.10^{-3}	2,3	1,57

En conclusion, la connaissance de la perméabilité μ_z permet de séparer les phénomènes de traînage magnétique causés par la texture magnétique, de ceux liés en particulier à l'état de surface de l'échantillon. C'est ainsi qu'un polissage électrolytique superficiel entraîne une diminution du rapport σ_a/σ_0 de 1,8 à 1,4 pour le permalloy et de 2,3 à 1,90 pour le mumétal, ce qui peut expliquer la différence entre les valeurs de σ_a/σ_0 et σ'_a/σ_0 indiquées sur le tableau ci-dessus.

([3]) *Recueil de travaux d'électromagnétisme* 1910-1944, vol. V, Laboratoire de Maxwell, Moscou, 1944.

([4]) I. Epelboin, A. Marais et Mlle P. Pannetier, *Journées métallurgiques d'automne*, Octobre 1948 [*Revue métallurgique* (à l'impression)]; J. Épelboin, XIXe semaine de discussions, S. F. E. Nov. 1948 [*Bull. de la S. F. E.* (à l'impression)].

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Dispositif de focalisation pour particules électriquement neutres.* Note de M. **René Vauthier**, présentée par M. Paul Pascal.

Un rapprochement peut être établi entre la trajectoire d'une particule électrisée à l'intérieur d'un condensateur, et celle d'une particule électriquement neutre, mais porteuse d'un moment magnétique $\mathcal{M}$, à l'intérieur des pièces polaires de Stern et Gerlach, où règne un champ magnétique non uniforme.

L'une est soumise à la force eE, l'autre à la force de grandeur $\mathcal{M}(\partial H/\partial x)$. La trajectoire des particules a la même forme dans les deux cas (dans la mesure où $\partial H/\partial x$ est constant dans la région traversée par la particule porteuse d'un moment).

Dans le cas d'un condensateur cylindrique, il est possible d'ajuster la différence de potentiel entre les électrodes de façon qu'un ion d'énergie déterminée ait une trajectoire équidistante des deux surfaces du condensateur. La condition à réaliser est alors

$$\frac{mv^2}{r} = eE.$$

Or, il a été établi par Herzog [1], qu'un tel dispositif permettait de réaliser la focalisation des angles : un faisceau d'ions monoénergétiques, divergent à partir d'une fente, par exemple, pouvait être focalisé à la sortie du condensateur cylindrique suivant une fente-image.

En supposant que la fente-source soit axée sur la normale à la face d'entrée du condensateur, on peut déterminer la position de la fente-image par une construction géométrique simple. Si le faisceau est hétérogène en énergie, on obtient un spectre d'énergie des particules.

Par analogie, rien n'empêche donc d'utiliser des pièces polaires de Stern et Gerlach, non plus rectilignes, mais incurvées en arc de cercle et coaxiales. Un angle Φ_e de 90 à 110° suffirait, pour dégager convenablement des pièces polaires, les fentes d'entrée et de sortie. La relation suivante devra être vérifiée par la trajectoire principale

$$m\frac{v^2}{r} = \mathcal{M}\frac{\partial H}{\partial x},$$

relation que l'on peut transformer, sachant que

$m = M/N$ (M, masse moléculaire; N, nombre d'Avogadro);

$v = \sqrt{3,5\,RT/M}$ (v, vitesse la plus probable, pour des particules s'échappant d'un récipient par un trou percé dans la paroi);

$\mathcal{M} = \mu_B/N$ (μ_B, Magnéton de Bohr).

---

(1) *Zeits. für Phys.*, 89, 1934, p. 447.

Il vient alors

$$r = \frac{3,5\,\mathrm{RT}}{\mu_{\mathrm{B}}\dfrac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}}$$

et, en prenant $\mathrm{R} = 8,3.10^7$ ergs/degré et $\mu_{\mathrm{B}} = 5,600$ ergs/gauss,

$$r = 52\,000\,\frac{\mathrm{T}}{\dfrac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}},$$

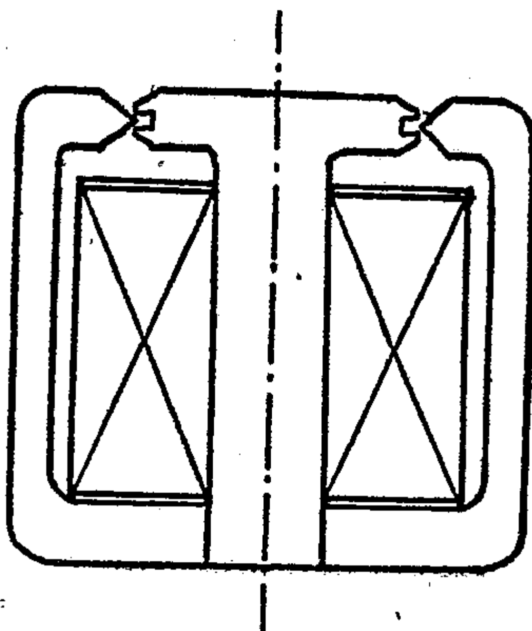
indépendant de M, comme on pouvait s'y attendre, puisque ce dispositif sélectionne uniquement les énergies.

Pour $\mathrm{T} = 300^{\circ}$ K et $\partial\mathrm{H}/\partial x = 300.000$ gauss/cm, on trouve $r = 50^{\mathrm{cm}}$. Pour l'utilisation, il sera commode, dans certains cas (étude de la répartition des vitesses, etc.) de faire défiler le spectre d'énergie devant la fente de sortie (derrière laquelle se trouve le dispositif de détection) en faisant varier le champ magnétique.

Les principales difficultés que l'on peut prévoir seront les suivantes : d'abord, difficulté de réaliser un gradient de champ, constant sur 2 ou 3^{mm} d'entrefer. Une étude préliminaire sera indispensable, car la focalisation ne sera bonne qu'autant que cette condition sera réalisée.

D'autre part, puisque expérimentalement on ne peut guère dépasser actuellement la valeur de 400 000 gauss/cm (atteinte avec de grandes difficultés) pour $\partial\mathrm{H}/\partial x$, la température du gaz ou de la vapeur ne pourra dépasser 800° K. environ si l'on veut éviter un appareil trop encombrant.

Enfin, on devra se limiter aux atomes ou molécules porteurs d'un magnéton de Bohr, et d'un seul.



En résumé, ce dispositif semble d'application possible quoique peu aisée (voir la figure ci-dessus donnant le schéma d'un électro-aimant pouvant être utilisé dans un tel montage).

Son principal avantage est évidemment de permettre l'emploi de fentes très fines, sans perte corrélative « d'intensité ».

OPTIQUE. — *Facteurs d'émission des produits réfractaires silico-alumineux à haute température.* Note de M. **Marcel Michaud**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons déterminé les facteurs d'émission monochromatiques ($\lambda = 0^{\mu},655$) et totaux d'oxydes réfractaires, dans le domaine de 1000 à 1600°C., en faisant tourner dans une flamme plate oxygène-gaz de ville des échantillons cylindriques de 50^{mm} de longueur et 20^{mm} de diamètre. La température vraie était mesurée au moyen d'un pyromètre optique pointé sur le fond d'une cavité axiale de 4^{mm} de diamètre et 20^{mm} de profondeur. La température de brillance était mesurée avec le même pyromètre optique et la température de radiation au moyen d'une pile thermo-électrique convenablement diaphragmée, et pointée sur la surface extérieure du cylindre.

Les traces d'oxyde de fer, colorant à froid les échantillons, d'une part, la granulométrie d'autre part se sont trouvées être les facteurs prépondérants de variation des facteurs d'émission. La composition chimique n'a pratiquement pas d'influence pour les composés silico-alumineux.

Avec les échantillons de compositions approximatives suivantes, très blancs :

1°	RA 98..........	9 % silice,	91	% alumine,	grains de	96^{μ}
	RA 360.........	12 »	85	»	»	38
	RA 84..........	19 »	80	»	»	10
	1194 S..........		97	»	»	30
	F..............		99,5	»	»	10

2° A, B, D, E_1, E_2 : 98 % de silice; pour A et B, grains de 6/10 de millimètre de diamètre; pour D, grains de 3/10 de millimètre; pour E_1, grains de 7 à 8/100 de millimètre; pour E_2, grains de 10 à 20^{μ}, nous avons obtenu les résultats suivants. Ces chiffres sont donnés avec des erreurs possibles de 10 % sur les facteurs monochromatiques d'émission ε_r et de 5 % sur les facteurs totaux d'émission ε_t.

	°C.......	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.	1600.
RA 98	ε_r...	0,57	0,51	0,46	0,44	0,42	0,40	0,40
	ε_t...	0,50	0,48	0,46	0,43	0,41	0,40	0,39
RA 360	ε_r...	0,39	0,33	0,29	0,275	0,27	0,26	0,25
	ε_t...	0,39	0,36	0,34	0,32	0,30	0,285	0,275
RA 84	ε_r...	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
	ε_t...	0,325	0,30	0,275	0,26	0,245	0,23	0,22
1194 S	ε_r...	0,25	0,275	0,285	0,295	0,30	0,31	0,315
	ε_t...	0,39	0,35	0,33	0,30	0,29	0,28	0,27
F	ε_r...	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	ε_t...	0,30	0,28	0,25	0,23	0,20	0,19	0,18
A, B, D, E_1	ε_r...	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	ε_t...	0,62	0,58	0,54	0,51	0,49	0,46	
E_2	ε_r...	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
	ε_t...	0,42	0,42	0,41	0,35	0,34	0,33	

Les facteurs d'émission monochromatiques ou totaux des nombreux échantillons étudiés, découpés dans des briques industrielles silico-alumineuses colorées varient de 0,50 à 0,90 suivant leur teneur en oxyde de fer. Les facteurs d'émission monochromatiques des échantillons découpés dans des briques industrielles de silice (oxyde de fer $< 1\%$) sont égaux à 0,50 et les facteurs d'émission totaux décroissent de 0,62 à 0,53 entre 1000 et 1500°C.

RAYONS COSMIQUES. — *Une variation sidérale probable des grandes gerbes de rayons cosmiques.* Note (*) de MM. **Pierre Auger**, **Jean Daudin**, **Jean Denisse** et Mme **Alice Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'un de nous ([1]) a signalé une corrélation entre l'intensité des bruits solaires et les fluctuations anormales du rayonnement cosmique dans la stratosphère.

Cette observation confirme celles de Forbush ([2]) et de Dupérier ([3]) et l'on peut penser que le Soleil et sans doute un grand nombre d'étoiles peuvent émettre des rayonnements du type *cosmique*. En 1939-41, nous avions ([4]) déjà recherché une variation solaire et sidérale des grandes gerbes de l'air. L'énergie des primaires responsables de ces gerbes est de l'ordre de 10^{15} eV, ce qui peut les rendre moins sensibles aux champs électromagnétiques qui sont sans doute responsables de l'isotropie presque parfaite du rayonnement cosmique. On peut donc s'attendre à une certaine persistance dans leur direction d'émission initiale.

En 1948 nous avons enregistré ([5]) au Pic du Midi les coïncidences triples entre trois groupes de compteurs de 1900^{cm^2} de surface utile, dont l'un était situé à 75 mètres des deux autres dans un plan horizontal. Les moyennes horaires obtenues, sans correction, durant la période atmosphérique calme du 13 août au 3 septembre, donnent le graphique I qui met en évidence des écarts systématiques supérieurs à trois fois l'erreur probable. Des contrôles ultérieurs ont prouvé que les compteurs Maze au méthylal ne présentaient aucun effet de température et que les constantes de temps des circuits de liaison n'étaient sans doute pas en cause. Nous suggérons qu'il s'agit d'une variation sidérale, hypothèse qui s'appuie sur les arguments suivants :

a. Sur la figure 1, la courbe II représente la variation diurne enregistrée dans les mêmes conditions géométriques du 7 au 13 septembre. La courbe III

(*) Séance du 7 mars 1949.

([1]) J. Denisse, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 75.

([2]) Forbush, *Phys. Rev.*, **70**, 1946, p. 771; Neher et Rash, *Rev. Mod. Phys.*, **20**, 1948, p. 330.

([3]) *Nature*, **158**, 1946, p. 944 et 196.

([4]) P. Auger et Collaborateurs, par exemple P. Auger et J. Daudin, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 95.

([5]) A. Daudin, J. Daudin et J.-P. Lefebvre.

représente les variations enregistrées sur base horizontale de 5 mètres du 22 septembre au 5 octobre. Les courbes sont décalées de façon à faire concorder les heures sidérales. Bien qu'elle soient moins précises que la courbe I, le maximum et le minimum principal concordent convenablement. Le minimum du matin solaire apparaît nettement dans les observations ultérieures moins

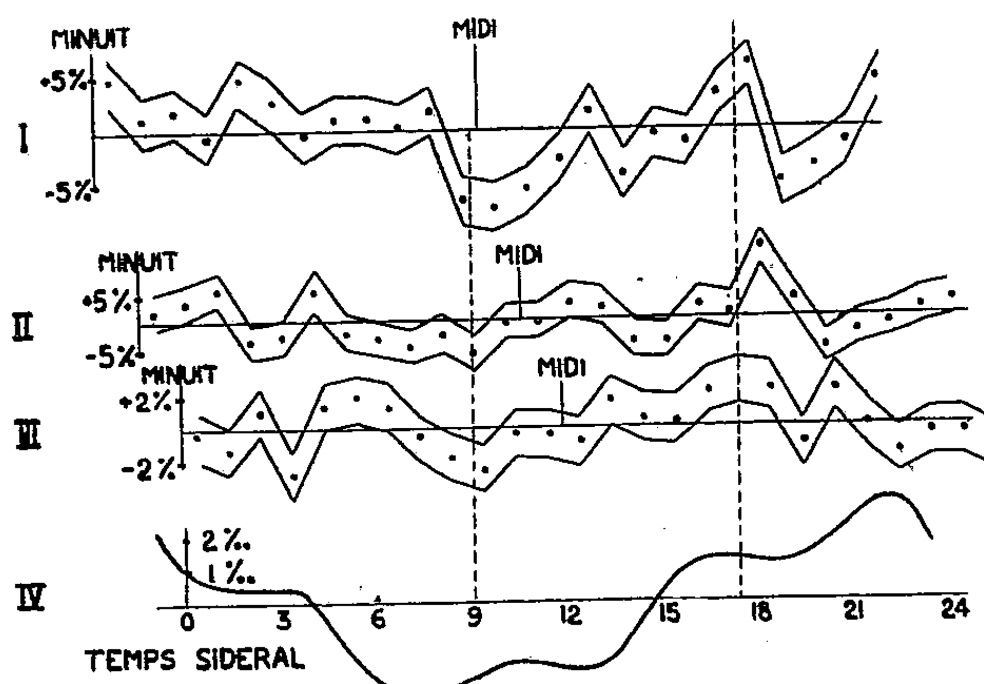


Fig. 1.

détaillées du mois d'octobre. La discordance des variations en temps solaire nous semble écarter l'hypothèse d'un effet atmosphérique diurne.

b. En recombinant les harmoniques de 24 heures et de 6 heures de l'ordre sidéral, observées par Dupérier dans le rayonnement total, on obtient une courbe IV (compte non tenu des harmoniques supérieures inconnues) qui est en concordance avec la nôtre en temps sidéral.

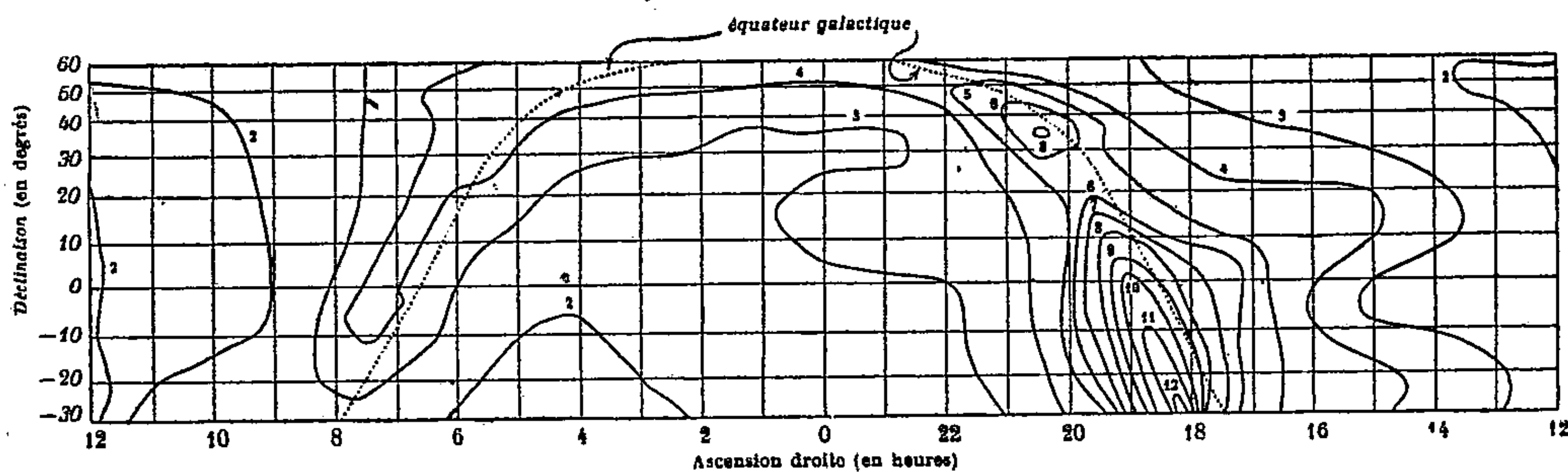


Fig. 2. — Courbes à bruit galactique constant mesuré par Hey, Philips et Parsons sur 64 Mc.

c. Dupérier obtient une variation de 2,5 °/₀₀ pour le rayonnement total. En gerbes atmosphériques sur 5 mètres nous obtenons environ 2 % et sur 75 mètres 5 à 6 %. Ainsi les rayonnements primaires de plus grande énergie présenteraient un effet plus marqué conformément à l'hypothèse indiquée plus haut.

d. Le graphique de la figure 2 indique la densité des bruits galactiques pour les différentes déclinaisons et en particulier pour le zénith au Pic du Midi, soit

48° N. Le minimum observé par nous coïncide exactement avec le minimum des bruits galactiques entre 9 heures et 12 heures sidérales, alors que passe au méridien une région très pauvre en étoiles entre Persée et la Grande Ourse.

Le palier nocturne correspondrait en ce cas au passage de la Galaxie au zénith à partir d'un maximum vers 22^h (Cygne). La montée qui suit le minimum correspondrait à l'ascension au méridien du centre de la Galaxie (Sagittaire). Mais le maximum aigu situé vers 17^h30^m sidérale est d'une interprétation plus difficile à cause de la chute soudaine et brève qui le suit. Ces observations doivent être rapprochées de celles de Whaley et Long qui rapportent des variations diurnes considérables dans la fréquence des *bursts* ([6]). Nous pensons que les correspondances indiquées ici ne sont pas fortuites et formulons l'hypothèse que la Galaxie contient des sources de rayons cosmiques primaire d'énergie considérable capables de déterminer de grandes gerbes dans l'atmosphère.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fragmentation des carbures linéaires par impact électronique.* Note (*) de MM. **Rodolphe Viallard** et **Michel Magat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'impact d'électrons de quelques dizaines ou de quelques centaines d'eV sur des molécules polyatomiques produit, à côté d'ions de cette molécule, un certain nombre de fragments ionisés et de radicaux libres neutres. Ces derniers sont probablement responsables de beaucoup de réactions chimiques amorcées par les rayonnements ionisants et par les décharges électriques.

Il est donc important de connaître la nature de ces radicaux et de déterminer les règles de leur production. En l'absence de tout guide théorique, ce problème doit être abordé par voie empirique.

Les spectres de masse publiés par le *National Bureau of Standards* fournissent, pour les potentiels d'ionisation de 50 à 100 V, un abondant matériel dont l'analyse permet dès maintenant de dégager un certain nombre de règles. Celles-ci portent sur l'abondance relative des divers ions formés et sur la probabilité de coupure des différentes liaisons. Nous donnons ci-dessous celles qui s'appliquent plus particulièrement aux carbures linéaires non ramifiés.

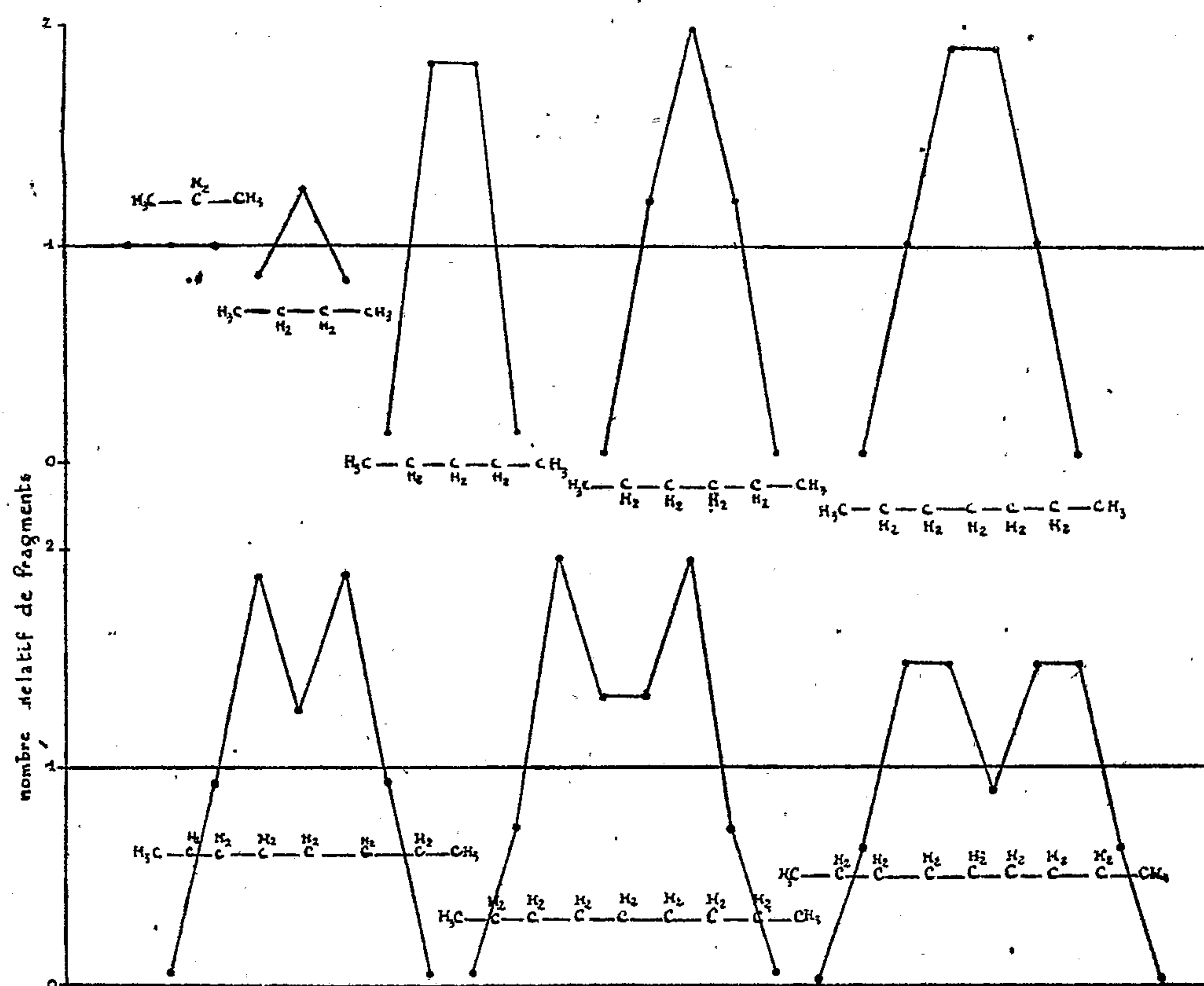
Rupture des liaisons C—H. — 1° Pour chacune des séries homologues, le pourcentage de fragments ionisés produits avec simple départ d'hydrogène, sans coupure de liaison C—C, diminue de manière continue quand la chaîne s'allonge : il passe de 84 % pour l'éthane à 8.10^{-3} % pour l'octane.

([6]) Whaley et Long, *Bulletin Amer. Phys. Soc.*, 23, 1948, p. 21.

(*) Séance du 7 mars 1949.

2° Mais la présence d'une liaison multiple dans une chaîne accroît sensiblement la proportion des fragments ionisés avec simple départ d'hydrogène.

3° Lorsqu'on part d'une chaîne saturée en C_n, $n > 2$, et que l'on considère ses fragments ionisés comportant un nombre déterminé $n' \leq n$ d'atomes C, l'on trouve que ceux qui renferment un nombre impair d'atomes H sont toujours plus nombreux que ceux qui en renferment un des deux nombres pairs voisins.



$$\text{Nombre relatif de fragments ionisés pour une liaison} = \frac{\text{Nombre de fragments ionisés produits par coupure de cette liaison}}{\text{Moyenne par liaison du nombre total de fragments ionisés avec coupure de liaison } c - c}$$

Signalée déjà pour les ions $C_3H_n^+$ du propane ([1]), cette règle est beaucoup plus générale. Une règle analogue s'applique aux ions formés à partir des carbures perfluorés. Les fragments de formule C_nX_{2n}($X = H$ ou F) ayant la possibilité de se réorganiser en molécules stables non saturées, il apparaîtrait donc que la formation d'ions de radicaux libres est plus probable que la formation d'ions de molécules.

Rupture des liaisons C — C. — 1° Il n'existe pratiquement pas de coupure

(1) Delfosse et Bleakney, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 256. *Voir* aussi F. L. Mohler et coll., *Bull. Phys. Soc.*, 24, 1949, p. 67.

simultanée de deux liaisons C — C. Le pourcentage des ions CH_2^+ et $C_2H_4^+$ ne croît pas en effet quand la chaîne s'allonge, et pour des chaînes longues les rapports $[CH_2^+]/[CH_3^+]$ et $[C_2H_4^+]/[C_2H_5^+]$ tendent vers des valeurs limites.

2° Pour les hydrocarbures saturés, les ruptures en bout de chaîne, caractérisées par les ions en C_1 et C_{n-1}, sont très peu fréquentes. A partir du pentane, et jusqu'au nonane, la coupure s'effectue de préférence sur la liaison 3-4. La probabilité de coupure des différentes liaisons d'une chaîne peut être représentée par des diagrammes du type ci-dessus (*figure*).

La situation est exactement inversée pour les perfluorures, où les coupures les plus fréquentes se font sur la liaison 1-2.

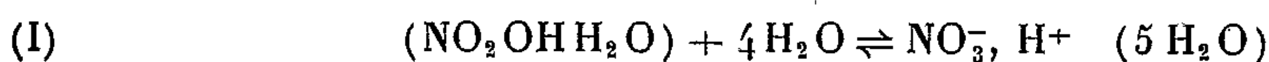
3° La présence, dans une chaîne, d'une liaison double en position 1-2, a pour effet de diminuer les nombres relatifs de fragments obtenus par coupures de cette liaison et des liaisons voisines, par rapport à leur valeur dans le cas du carbure saturé correspondant.

Au contraire, la présence d'une liaison double médiane (2-butène, 3-hexène, 4-octène) a pour effet d'augmenter le nombre relatif de fragments provenant de cette liaison.

Les détails des calculs et les développements relatifs à des hydrocarbures ramifiés et cycliques seront publiés ultérieurement.

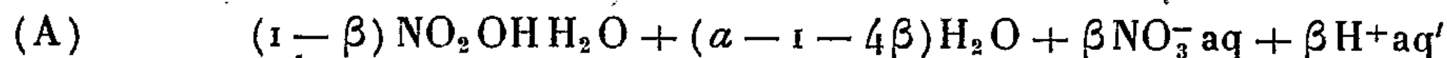
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équation d'équilibre de l'ionisation de l'acide nitrique en solution aqueuse.* Note (*) de M. **Jean Chédin** et Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente [1] nous avons étudié la composition des acides nitriques concentrés. La présente Note concerne les concentrations comprises entre 10 et 50 %. Il n'y a pratiquement plus de molécules NO_2OH (tension partielle de vapeur p_{HNO_3} négligeable ou non mesurable). Les spectres Raman permettent de penser que ces mélanges contiennent des molécules d'eau, de monohydrate et des ions (certainement solvatés) en équilibre. Nous avons constaté que l'équation



$$\text{(I)} \qquad (NO_2OH\,H_2O) + 4H_2O \rightleftharpoons NO_3^-,\ H^+ \quad (5\,H_2O)$$

(sans préciser la répartition des $5\,H_2O$ entre les 2 ions) représente correctement les faits expérimentaux. Soit le mélange de 1 mol. $NO_3H + a$ mol. H_2O, β son coefficient d'ionisation. Il contient d'après l'équation (I)



$$\text{(A)} \qquad (1-\beta)\,NO_2OH\,H_2O + (a-1-4\beta)\,H_2O + \beta NO_3^-\,aq + \beta H^+aq'$$

(*) Séance du 21 mars 1949.

[1] J. Chédin, S. Fénéant et R. Vandoni, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1722.

avec

(II) $aq + aq' = 5H_2O$ et $K = \frac{\beta^2(a-3\beta)^3}{(1-\beta)(a-1-4\beta)^4}$.

Par tâtonnements on a déterminé une valeur de K valable vers 30-35° (K = 1,2) qui permet de calculer des valeurs de β en bon accord avec l'expérience [2], [3], [4], [5]. Sur le Tableau I figurent les valeurs de β mesurées (effet Raman) par O. Redlich et Bigeleisen [4], soignées et récentes, et par l'un de nous, et enfin celles qui sont calculées.

NO_3H % (en poids).	a.	Coefficient d'ionisation β — calculé (K = 1,2).	expérimental — Redlich et Bigeleisen.	expérimental — Chédin (*).	Activité de H_2O — calculé.	expérimentale.	$\frac{1}{2}\sqrt{\mu}$.
10......	31,5	0,96	0,95	0,92	0,93	0,93	0,64
20......	14	0,88	0,87	0,80	0,83	0,83	0,87
30......	8,16	0,72	0,74	0,63	0,71	0,71	1,01
40......	5,25	0,51	0,56	0,50	0,59	0,57	1,05
50 (**)...	3,5	0,32	0,36	0,35	0,48	0,44	0,97

(*) Les valeurs de β publiées par l'un de nous [3], obtenues en supposant NO_3H à 10 ou 15 % entièrement ionisé, se trouvent de ce fait, trop élevées d'environ 10 %, et ont été corrigées dans le présent tableau.

(**) Tension de vapeur nitrique mesurable, négligée dans le calcul.

Cela ne suffirait pas à établir la validité de (I), mais en outre, la formulation A permet le calcul de

(III) C_{H_2O} = concentration molaire réelle de l'eau = $\frac{a-1-4\beta}{a-3\beta}$.

Pour chaque valeur de a, avec β calculé, on peut dont calculer C_{H_2O}. Or, on connaît l'activité expérimentale p/p_0 de l'eau dans ces mélanges.

Nous nous sommes servis de résultats non encore publiés de R. Vandoni à 35°. Le tableau montre que dans la zone de concentration étudiée, on a, avec une bonne précision $C_{H_2O} = p/p_0$.

On peut s'étonner qu'une équation de forme classique (Ostwald) s'applique à un équilibre impliquant des ions. Toutefois, il est à remarquer que la force ionique de ces solutions : $\mu = (1/2)\Sigma C_i Z_i^2$ (C_i nombre d'ions par litre porteurs d'une charge $\pm Z_i$) qui se réduit ici à $C\beta$ (dans une solution à x% correspondant à C molécules NO_3H/litre et ayant un coefficient d'ionisation β) varie peu entre 10 et 50 %. Dans la dernière colonne du tableau, on a porté les valeurs

(2) I. R. Rao, *Proc. Roy. Soc.*, **127**, 1930, p. 279.

(3) J. Chédin, *Annales de Chimie*, **11**, 1937, p. 243.

(4) O. Redlich et J. Bigeleisen, *J. Am. Chem. Soc.*, **65**, 1930, p. 1883.

(5) R. Dalmon, *Mém. des Serv. Chim. de l'État*, 31, 1944, p. .

de $\mu^{1/2}$ calculées avec les β de O. Redlich et Bigeleisen. L'accord constaté semble donc indiquer :

1° que les coefficients d'activité des *molécules* restent voisins de 1, auquel cas on a bien $C_{H_2O}=p/p_0$.

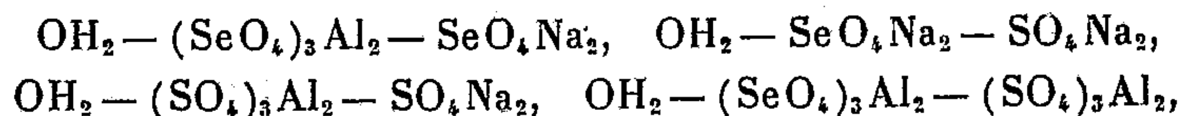
2° que f_i, coefficient stœchiométrique moyen d'activité des deux ions hydratés demeure sensiblement constant dans le domaine choisi qui se caractérise par une valeur de $\sqrt{\mu}$ très élevée et relativement peu variable (surtout pour 20, 30, 40, 50 %).

En effet, on devrait remplacer β^2 dans l'équation (II) par $\beta^2 f_i^2$ pour tenir compte des interactions ioniques. Si f_i est constant entre 10 et 50 %, on n'a fait, en négligeant les activités dans cette équation, que remplacer la vraie constante thermodynamique K' par une valeur $K=(K'/f_i^2)$ qui se trouve également demeurer constante. Ce deuxième point paraît très acceptable si l'on se reporte à la loi limite de Debye-Huckel $[-\log f_i = (1/2)\sqrt{\mu}]$ qui est d'ailleurs considérée comme donnant des valeurs trop rapidement variables de f_i aux valeurs élevées de μ.

Le nombre de $5^{mol} H_2O$ n'est pas à prendre à la lettre. Il est celui qui représente le mieux l'ensemble des résultats *actuels* d'ionisation et de tension de vapeur, dans l'hypothèse que nous proposons, qui ne saurait d'ailleurs constituer qu'une première approximation.

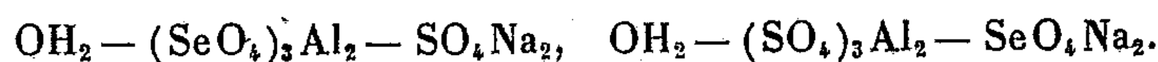
CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude dans l'eau, à la température de* 20° C., *du système quaternaire* $(SeO_4)_3Al_2 + 3\,SO_4Na_2 \rightleftharpoons (SO_4)_3Al_2 + 3\,SeO_4Na_2$. Note de M. **Henri Collet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Pour cette étude, j'ai déterminé, par les méthodes des restes et des ensembles, les isothermes de 20° des quatre systèmes ternaires :



$$OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2, \quad OH_2 - SeO_4Na_2 - SO_4Na_2,$$
$$OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2, \quad OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - (SO_4)_3Al_2,$$

et des deux systèmes quaternaires :



$$OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2, \quad OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2.$$

J'ai, de plus, déterminé la composition des solutions en équilibre avec trois phases solides.

1° *Système* $OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2$. — L'isotherme présente trois branches, les deux extrêmes correspondant aux sels hydratés : $(SeO_4)_3Al_2$, $22\,OH_2$ et SeO_4Na_2, $10\,OH_2$, la branche intermédiaire à un sel double. En effet les droites solution-ensembles et solution-restes convergent vers un point du diagramme donnant la composition $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22\,OH_2$. (Ce composé n'avait pas été signalé jusqu'à présent.)

2° *Système* $OH_2 - SeO_4Na_2 - SO_4Na_2$. — L'isotherme est formée de deux

branches, l'une relative à SeO_4Na_2, $10\,OH_2$, l'autre traduisant toute une série de cristaux mixtes entre les deux déca-hydrates.

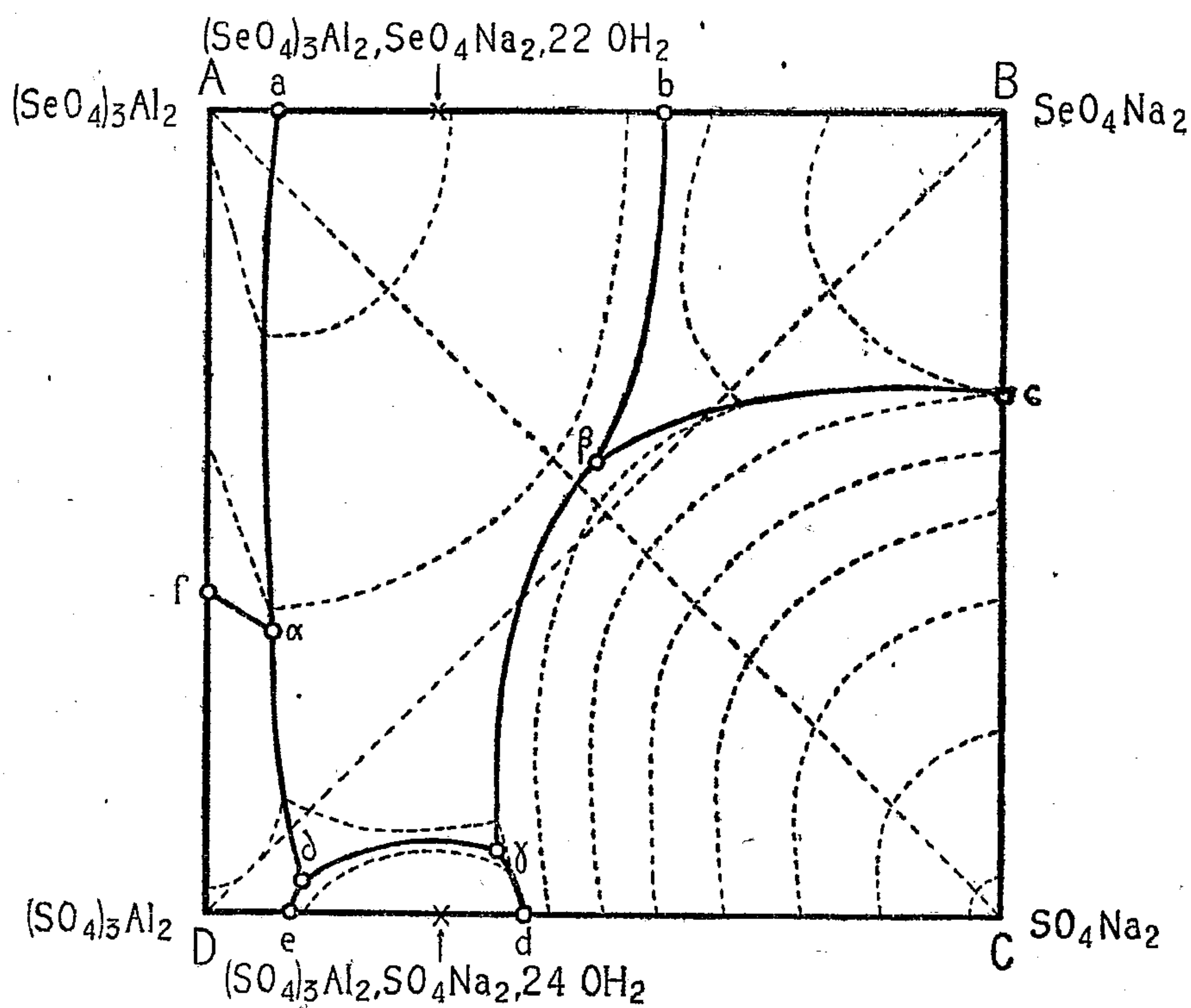
3° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2$. — La courbe de solubilité met en évidence outre les deux sels hydratés initiaux, l'alun de sodium : $(SO_4)_3Al_2$, SO_4Na_2, $24\,OH_2$.

4° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - (SeO_4)_3Al_2$. — L'isotherme est formée de deux branches correspondant aux deux sels hydratés d'aluminium.

5° *Système* $OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2$. — L'isotherme a trois branches relatives aux composés : $(SeO_4)_3Al_2$, $22\,OH_2$, $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22\,OH_2$ et cristaux mixtes entre SO_4Na_2, $10\,OH_2$ et SeO_4Na_2, $10\,OH_2$.

6° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2$. — La courbe de solubilité présente quatre branches relatives à : $(SO_4)_3Al_2$, $18\,OH_2$, $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22\,OH_2$ cristaux mixtes de SO_4Na_2, SeO_4Na_2, $10\,OH_2$ et SeO_4Na_2, $10\,OH_2$.

En reportant en compositions centésimales ces valeurs, ainsi que celles obtenues pour les points triples α, β, γ, δ, et en portant sur une perpendiculaire au plan le nombre de molécules d'eau nécessaires à dissoudre une molécule de sels, on obtient le diagramme carré ci-dessous (les lignes en pointillé figurent les lignes d'égal niveau d'eau).



Le diagramme montre l'existence de six nappes cristallines. Trois, $Aa\alpha f$, $Bc\beta b$, $Df\alpha\delta e$, sont relatives aux sels initiaux respectivement : $(SeO_4)_3Al_2$,

$22 \, OH_2$, SeO_4Na_2, $10 \, OH_2$ et $(SO_4)_3Al_2$, $18 \, OH_2$. Une quatrième $Cd\gamma\beta c$ correspond à une série de cristaux mixtes entre SO_4Na_2, $10 \, OH_2$ et SeO_4Na_2, $10 \, OH_2$. Les deux autres nappes $de\delta\gamma$ et $ab\beta\gamma\delta\alpha$, correspondent aux deux sels doubles : $(SO_4)_3Al_2$, SO_4Na_2, $24 \, OH_2$ et $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22 \, OH_2$.

Ce dernier composé, dont le domaine de cristallisation est très étendu est facilement obtenu sous forme de prismes orthorhombiques de densité $D_{15} = 2{,}645$.

Au contraire, la nappe de l'alun est très réduite.

D'après Lipson [1], l'alun sulfurique de sodium se différencie des autres aluns par le faible volume de l'ion Na^+ par rapport à celui de l'ion SO_4^{--}.

Le volume de l'ion SeO_4^{--}, supérieur encore à celui de l'ion SO_4^{--} entraîne, dans le cas du sel double $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22 \, OH_2$, une plus grande disproportion qui se traduit par un bouleversement complet de l'édifice moléculaire de l'alun, si bien que ces deux composés cristallisent dans deux systèmes différents avec un degré d'hydratation également différent.

Le domaine d'existence très réduit de l'alun sulfurique montre de plus pour ce cas, l'instabilité de la maille cubique, qui, pour une faible teneur du système quaternaire en ion SeO_4^{--}, se transforme en maille orthorhombique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des champs magnétiques oscillants, sur un certain nombre de molécules.* Note de MM. **Pierre Mastagli** et **André P. Mahoux**, présentée par M. Pierre Lejay.

Dans un précédent exposé nous avons vu qu'un certain nombre de corps de la série benzénique, soumis à l'action d'un champ ultrasonore présentaient des absorptions propres à chacun d'eux. On sait depuis longtemps [1] aussi que certains corps organiques changent de constante diélectrique suivant que la mesure de cette dernière est faite à telle ou telle fréquence du spectre hertzien [2]. Enfin il est connu qu'une molécule soumise à un champ magnétique puissant, constant et uniforme subit de la part de ce dernier une force dont le sens et la grandeur caractérisent cette molécule [3].

Ceci nous a conduits à l'idée de vérifier quel serait le comportement des corps soumis à un champ magnétique oscillant. Nous avons placé les corps à étudier dans le champ engendré par le passage dans un solénoïde d'un courant à haute fréquence. Pour en augmenter l'intensité, le solénoïde est accordé par une capacité choisie, telle qu'une variation même notable de la capacité répartie du solénoïde ne constitue qu'une cause d'erreur négligeable; la capacité d'accord

---

(1) *Proc. Roy. Soc. London*, 151 A, 1935, p. 347.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 667-668.

(2) Freymann, *Les ondes hertziennes et la structure moléculaire* (*Actualités scientifiques*, Paris, 1936).

(3) Pascal, *La susceptibilité magnétique*, Grignard, 2, Paris.

est au moins 100 fois supérieure à la capacité répartie, et la variation de cette dernière ne dépasse pas le dixième de sa valeur. Le circuit oscillant est placé dans le circuit plaque d'une triode de 100 W.

Si l'on introduit alors le corps à expérimenter dans le solénoïde, on note une variation du courant de plaque, qui dépend de la constitution et de la quantité du produit. On apprécie ainsi l'énergie empruntée au circuit oscillant par le composé organique.

Deux cas extrêmes sont à envisager :

A. Le corps est conducteur et l'énergie mesurée résulte en majeure partie des courants induits; nous reviendrons plus tard sur ce point particulier.

B. Il est diélectrique, et l'on peut alors attribuer cette énergie absorbée à l'action du champ magnétique sur les molécules.

L'erreur qui pourrait provenir de la constante diélectrique peut être négligée puisque la glycérine et l'eau tri-distillée donne des absorptions inférieures à celle de l'alcool éthylique, bien que leurs constantes diélectriques soient notablement plus élevées que celle de ce dernier.

En faisant agir des champs de fréquences comprises entre 5 et 30 Mc (sur les crésols et leurs oxydes méthyliques), on remarque d'une façon générale :

A. que l'absorption des crésols est toujours plus grande que celle des oxydes méthyliques;

B. que dans l'un et l'autre cas les formes méta et para absorbent plus que la forme ortho;

C. que les absorptions se retrouvent toujours sur des fréquences harmoniques entre elles. C'est ainsi que l'on obtient les valeurs présentées ci-dessous :

	F (Mc)					
Corps.	5.	5,8.	8,4.	15.	22,2.	30.
Ortho-crésol	0	0	0	0,75	0	0
Ortho-crésol méthylé	0	0	0	0,15	0	0
Méta-crésol	0,15	0	0	1,20	0	0,90
Méta-crésol méthylé	0	0	0	0,30	0	0
Para-crésol	0,15	0	0	1,20	0	0,75
Para-crésol méthylé	0	0	0	0,30	0	0
Benzène	0	0	0	0	0	0
Toluène	0	0	0	0	0	0
Éthylbenzène	0,15	0	0	1,20	0	0,15
Xylène industriel	0,15	0	0	1,20	0	0
Mésitylène	1,35	0,30	0	1,50	0,15	0
Paracymène	0	0	0	0	0	0
Cumène	0,15	0	0	0,90	0,15	0
Clorobenzène	0	0	0	0,30	0	0

L'énergie absorbée est exprimée en watts, les mesures ont été faites à 18° C. sur des quantités invariables de 40^{cm^3}.

De ce travail, il semble qu'on puisse tirer les conclusions suivantes :

A. les molécules présentent des fréquences propres, puisque d'une façon générale leurs absorptions se retrouvent sur des fréquences harmoniques entre elles;

B. la structure joue un rôle déterminant puisque les formes ortho, méta et para d'un même corps, ne présentent pas les mêmes absorptions;

C. pour les fréquences explorées, le noyau benzénique seul ne présente aucune tendance à la vibration. Les absorptions semblent croître avec le nombre et l'importance des radicaux;

D. l'élément OH introduit un facteur d'absorption suplémentaire important;

E. la courbe de résonance des molécules s'aplatit lorsque le nombre des radicaux croît, ce qui ressort des mesures faites sur le mésitylène;

F. le rôle de la masse moléculaire paraît sans action.

Nous espérons étendre ces travaux à d'autres séries de corps organiques. Il paraîtrait également nécessaire d'exécuter des mesures sur un plus grand nombre de fréquences.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Lois cinétiques de l'adsorption du méthane par des catalyseurs Fischer au nickel.* Note (*) de M. **André Troesch**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons montré que l'adsorption du méthane sur un catalyseur Fischer au nickel est inhibée à la fois par le carbone, dont la fixation par le catalyseur diminue la surface active sans modifier la vitesse d'adsorption, et par l'hydrogène, dont la présence dans l'adsorbat réduit simultanément la surface active et la vitesse d'adsorption.

Conformément aux conceptions de Langmuir ([2]), l'expression de la vitesse nette d'adsorption à la pression p, pour une surface active dont la fraction α est recouverte à l'instant t par n molécules, est

$$\frac{dn}{dt} = k_1(1-\alpha)p - k_2\alpha, \tag{1}$$

k_1 et k_2 étant les vitesses spécifiques de condensation et d'évaporation. Lorsque l'adsorption est faite à volume constant, le nombre de molécules adsorbées est proportionnel à la diminution de pression $p_0 - p$ de la phase gazeuse. La fraction α recouverte au temps t est égale au rapport n/N, où N est le nombre de molécules adsorbées à saturation ($\alpha = 1$). En introduisant ces conditions dans l'expression (1) et en tenant compte du fait qu'à l'équilibre $dn/dt = 0$ pour

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1013.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 40, 1918, p. 1361.

la pression finale p_e, on obtient une équation différentielle du second degré (loi cinétique du deuxième ordre); l'une des racines est positive (p_e) et l'autre négative $[-(k_2p_0/k_1p_e) = -p_a]$:

$$(2) \qquad -\frac{dp}{dt} = \frac{1}{N}k_1(p-p_e)(p+p_a),$$

dont l'intégration donne

$$(3) \qquad \mathrm{L}n\frac{(p+p_a)(p_0-p_e)}{(p_0+p_a)(p-p_e)} = \frac{1}{N}k_1(p_e+p_a)t.$$

Cette équation se simplifie dans deux cas limites :

1° p_a est négligeable devant p_0, ce qui nécessite soit une grande affinité du gaz pour la surface, soit de fortes pressions p_e de saturation. On obtient alors :

$$(4) \qquad \mathrm{L}n\frac{p(p_0-p_e)}{p_0(p-p_e)} = \frac{1}{N}k_1p_et$$

et les molécules adsorbées à l'équilibre recouvrent presque toute la surface active.

2° p_0 est négligeable devant p_a, donc k_1p_e devant k_2, ce qui implique soit une faible affinité du gaz pour la surface, soit des pressions p_e de saturation très petites. L'adsorption obéit alors à une loi du premier ordre, sa vitesse étant à chaque instant proportionnelle à la surface active libre

$$(5) \qquad \mathrm{L}n\frac{p_0-p_e}{p-p_e} = \frac{1}{N}k_2\frac{p_0}{p_2}t,$$

seule expression donnée jusqu'ici et utilisée par Kubokawa ([3]) pour l'interprétation des vitesses d'adsorption du méthane à volume constant, mais dont la validité se limite au cas d'expériences faites avec de faibles volumes de gaz et de grandes surfaces adsorbantes.

Une étude cinétique complète de l'adsorption du méthane sur nos catalyseurs nous a permis de vérifier la validité des équations (3) à (5). Les expériences rapportées dans la Note précédente (1.c), concernant une surface dont la capacité d'adsorption a été fortement réduite par la fixation du carbone et, éventuellement, par la présence d'hydrogène. Les pressions d'équilibre sont de ce fait comparativement élevées et, au terme de l'adsorption, la surface est presque saturée. Nous nous trouvons donc dans les conditions de validité de la loi (4) qui est très correctement vérifiée pendant les trois premiers quarts de l'adsorption. Les pentes des droites obtenues fournissent les valeurs de k_1/N, c'est-à-dire le nombre de chocs éfficaces que subit, par seconde et par millimètre de mercure, l'aire correspondant à l'encombrement d'une molécule. En admettant qu'à l'équilibre la surface est pratiquement saturée ($\alpha \sim 1$, donc $n \sim N$),

([3]) *Rev. Phys. Chem. Japan*, **12**, 1938, p. 157.

il est aisé de calculer N à l'aide de la diminution totale de pression et du volume mort de l'enceinte. On en déduit une valeur approchée de k_1.

Expérience n°.	$\frac{k_1}{N}$.	N.	k_1.
205	$0,767.10^{-3}$	$3,51.10^{19}$	$2,69.10^{16}$
207	0,775	2,89	2,24
209	0,809	1,94	1,56
211	0,716	1,05	0,75
223	$1,09.10^{-3}$	$2,57.10^{19}$	$2,81.10^{16}$
225	1,15	2,25	2,60
227	1,11	2,02	2,23

Dans chaque série d'expériences, k_1 est fonction linéaire de N, les deux droites passent par l'origine des coordonnées et ont respectivement pour pente moyenne 0,78 pour les essais inhibés par le carbone et l'hydrogène, et 1,11 pour ceux inhibés par le carbone seul. Il ressort clairement de ce fait que la présence d'hydrogène dans l'adsorbat rend plus difficile l'adsorption du méthane sur la fraction encore libre de la surface, puisque le nombre de chocs efficaces est plus faible.

En attribuant une section de choc s à la molécule de méthane, il est possible de calculer le nombre k_1/Ns de chocs efficaces par unité de surface active. La théorie cinétique des gaz fournissant le nombre total de chocs, le rapport de ces deux nombres est la probabilité d'adsorption qui permet d'estimer l'énergie d'activation de l'adsorption. Les valeurs trouvées ici sont de l'ordre de 17 k/cal/mol.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les équilibres des systèmes complexes riches en plomb contenant du zinc et d'autres éléments.* Note de M. **Léon Jollivet**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous exposons un ensemble de travaux relatifs à plusieurs systèmes ternaires et aux systèmes plus complexes formés en ajoutant du zinc aux plombs d'œuvre qui contiennent à la fois tous les éléments des systèmes ternaires étudiés.

Complétant les résultats que nous avons déjà publiés (1), nous indiquons sur le diagramme 1 les isothermes voisines de l'eutectique binaire du système *Plomb-Argent-Zinc*.

Ces courbes vérifient les relations

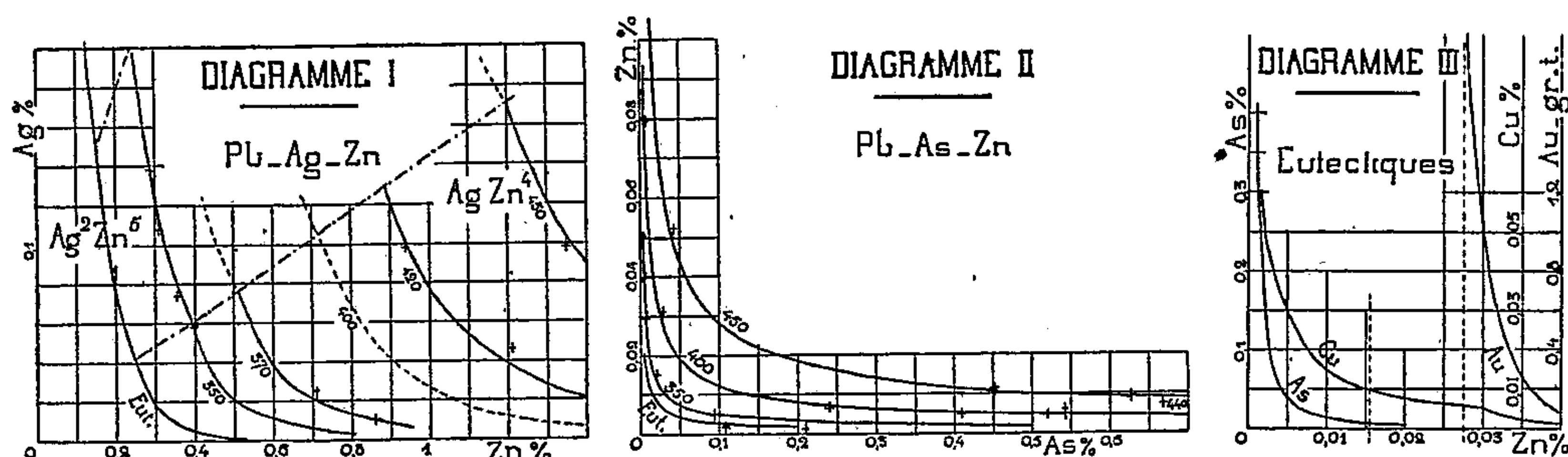
Domaine Ag^2Zn^5.......... $2\log a + 5\log z = 8,35 - \frac{14770}{T}$

Domaine $Ag\,Zn^4$.......... $\log a + 4\log z = 6,49 - \frac{10610}{T}$

(a, z, concentrations atomiques en argent et en zinc).

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1822.

Le système *Plomb-Arsenic-Zinc* ne semble pas avoir été étudié jusqu'ici. Par la méthode déjà utilisée [1], nous avons déterminé l'eutectique binaire riche en plomb et les isothermes voisines pour des concentrations ne dépassant pas 0,7 % d'arsenic et 0,12 % de zinc. Entre 0,2 % d'arsenic et 0,02 % de zinc, l'eutectique est sensiblement isotherme à 325°.



Le diagramme 2 représente nos résultats. Les isothermes vérifient la relation

$$5 \log a + 8 \log z = 0,68 - \frac{27\,360}{T}$$

(a, z, concentrations atomiques en arsenic et en zinc).

Cette relation caractérise le phénomène de dissociation du composé solide As^5Zn^8 en équilibre avec ses constituants dans la phase liquide; le composé complètement dissocié dans la phase liquide ne forme pas de solution solide.

Nous avons déjà caractérisé le même phénomène dans les systèmes plomb-argent-zinc et plomb-cuivre-zinc [1] [2]. Puisque ces équilibres sont déterminés à chaque température par la concentration en zinc de la phase liquide, les relations établies pour les systèmes ternaires doivent s'appliquer également aux systèmes contenant à la fois plusieurs éléments formant avec le zinc des composés binaires, mais ne se combinant pas entre eux.

C'est ce que l'expérience confirme pour les systèmes riches en plomb contenant de l'arsenic, du cuivre, de l'argent et du zinc.

Ce résultat très important simplifie considérablement l'étude des systèmes complexes et permet une représentation simple des états d'équilibre. Nous avons pu étudier ainsi les systèmes formés en ajoutant du zinc aux plombs d'œuvre qui contiennent de l'arsenic, de l'antimoine, de l'étain, du bismuth, du cuivre, de l'or et de l'argent.

La concentration de l'or ne dépasse pas quelques grammes par tonne. Pour étudier des équilibres à des concentrations aussi faibles, nous provoquons simultanément une séparation plus importante d'un autre élément ne réagissant pas sur le premier et qui l'entraîne à décanter avec lui. Nous avons obtenu des résultats concordants en présence de cuivre et d'argent.

(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2076.

L'or forme avec le zinc le composé solide $AuZn^9$ et les équilibres eutectiques, sensiblement isothermes à 325° vérifient la relation

$$\log a + 9 \log z = -33,21 \quad (a, z, \text{conc. at. en or et en zinc}).$$

L'antimoine ne forme pas de composé aux concentrations inférieures à 0,75 %.

L'étain peut former un composé triple avec l'arsenic et le zinc quand la concentration est supérieure à 0,033 %.

Ces connaissances permettent de réaliser des séparations intéressantes. L'exemple suivant est relatif à un traitement industriel effectué en ajoutant du zinc à un plomb d'œuvre fondu et en séparant au fur et à mesure la couche surnageante qui se forme en refroidissant jusqu'à l'eutectique.

	As (°/₀₀).	Cu (°/₀₀).	Ag (°/₀₀).	Sb (°/₀₀).	Zn (°/₀₀).	Autres élém. (Sn, Bi) (%).
Métal traité..........	5,41	2,29	1,70	7,5	0,05	inf. à 0,01
Métal obtenu........	0,25	0,20	1,70	7,5	0,06	» »

Les composés séparés devaient être As_5Zn_8 (de 5,41 à 0,25 °/₀₀), Cu_2Zn (de 2,29 à 1,05 °/₀₀) et CuZn (de 1,05 à 0,2 °/₀₀). Leur formation nécessite 0,873 % de zinc, quantité pratiquement égale à l'addition réelle 0,875 %.

En opérant dans des conditions convenables, on peut réduire encore les concentrations en cuivre et en arsenic sans atteindre la concentration en zinc à laquelle l'or commence à s'éliminer.

Le diagramme III montre en effet que l'on dispose pour cela d'un écart de concentration en zinc de 0,013 % environ.

Sur ces bases nous avons établi un procédé industriel de traitement des plombs d'œuvre argentifères par addition de zinc au métal fondu et refroidissement en deux étapes dans des décanteurs convenables. On sépare l'arsenic et le cuivre à une température bien déterminée, puis on refroidit jusqu'à l'eutectique et l'on sépare l'or et l'argent.

Ce procédé supprime l'affinage préalable des plombs à désargenter.

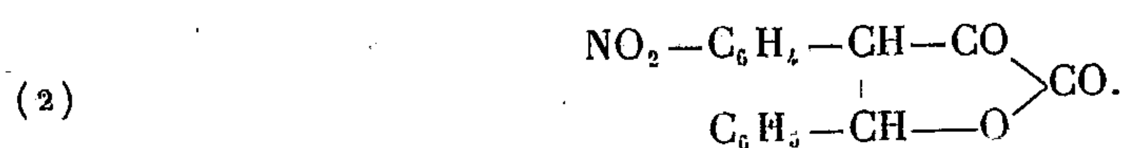
CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'acide paranitrophénylpyruvique et de ses dérivés.* Note (*) de M. **Paul Cordier** et Mme **Denise Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide paranitrophénylpyruvique a été peu étudié jusqu'à présent et nous nous proposons d'en examiner les propriétés et notamment son comportement vis-à-vis de quelques aldéhydes aromatiques. L'ester éthylique de l'acide paranitrophénylpyruvique (1), a été préparé pour la première fois par

(*) Séance du 21 mars 1949.

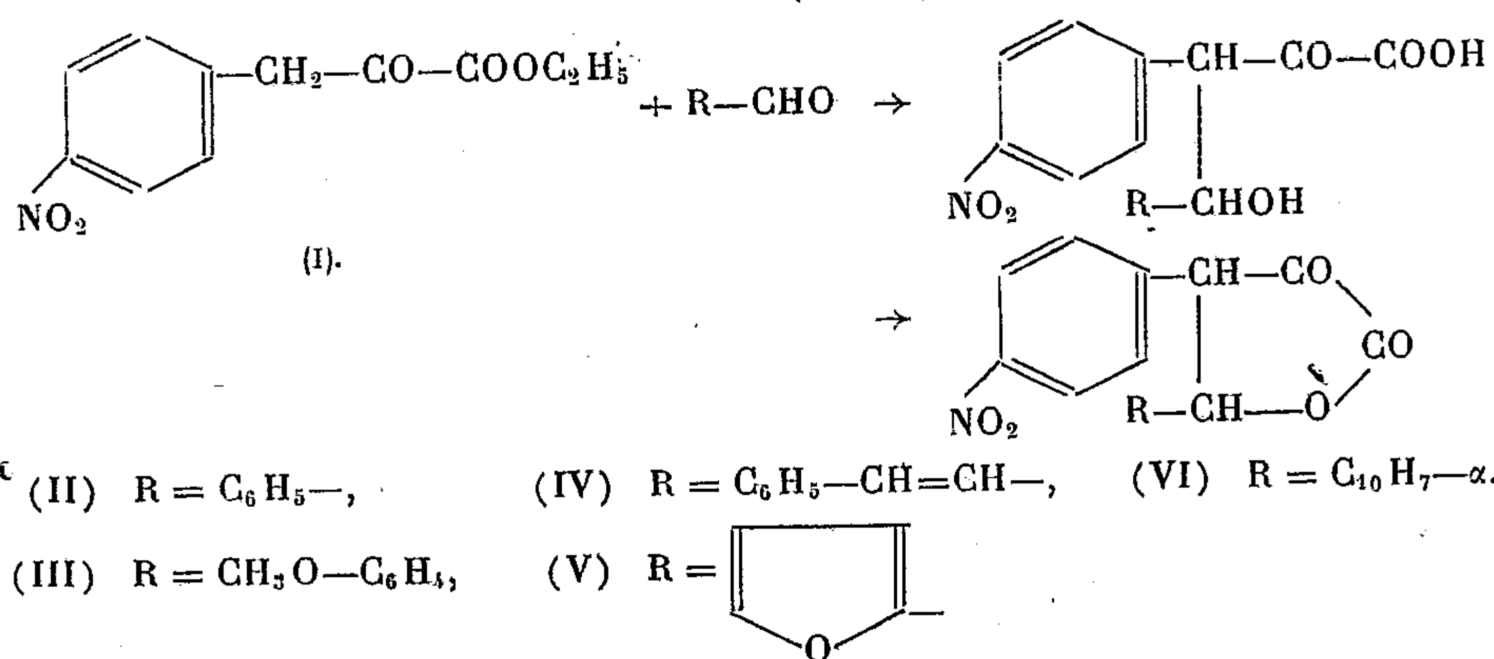
(1) W. Wislicenus et E. Thomas, *Ann.*, 436, 1924, p. 42-55.

W. Wislicenus ([1]) avec un rendement de 40 %, par condensation du paranitroluène avec l'oxalate d'éthyle en présence d'éthylate de potassium, dans l'éther anhydre. Ces savants ont obtenu comme sous-produits le dinitro-4.4′ stilbène et le dinitro-4.4′ dibenzyle. Aucun travail n'a été fait à notre connaissance sur la condensation de l'acide paranitrophénylpyruvique, ou de son ester éthylique avec les aldéhydes aromatiques. Erlenmeyer ([2]), au cours d'une étude approfondie sur les acides α-cétoniques aromatiques, a entrepris, en outre, une telle condensation avec l'acide orthonitrophénylpyruvique et l'aldéhyde benzoïque en présence d'acide chlorhydrique fumant. Il a obtenu l'α-oxo β-(nitro-2 phényl) γ-phényl butyrolactone

(2) 

En partant de l'ester éthylique et en présence de pipéridine, W. Wislicenus ([1]) a obtenu ce dérivé avec le même aldéhyde. Reprenant les travaux d'Erlenmeyer, Mlle Hemmerlé ([3]) a effectué une étude semblable sur le comportement de l'acide phénylpyruvique avec l'aldéhyde benzoïque, conduisant à l'α-oxo β-phényl γ-phényl butyrolactone et a discuté les possibilités d'isomérie du dérivé lactonique obtenu.

Nous avons réalisé la condensation de l'ester paranitrophénylpyruvique (I) avec quelques aldéhydes : benzoïque, anisique, cinnamique, furfurylique et α-naphtoïque, sous l'action de la potasse alcoolique. Il se forme un acide cétonique γ-alcool, instable en milieu acide, et donnant par cyclisation une céto-lactone du type α-oxo β-(nitro-4 phényl) butyrolactone γ substituée selon le schéma



(II) $R = C_6H_5—$, (IV) $R = C_6H_5—CH=CH—$, (VI) $R = C_{10}H_7—\alpha$.

(III) $R = CH_3O—C_6H_4$, (V) R = [furyle]

([2]) *Ann.*, **333**, 1904, p. 235.

([3]) *Thèse*, Doct. Pharm. Paris, 1917.

Ces oxolactones peuvent exister sous forme énolique : elles donnent une coloration intense avec le perchlorure de fer. Les essais faits jusqu'à présent pour obtenir, à partir des oxolactones, les acides γ-alcools correspondants ont échoué : on revient toujours à la forme lactonique, ce qui montre l'instabilité de ces acides. La configuration stéréochimique de ces oxolactones permet de prévoir la formation d'isomères dus à la présence de deux atomes de carbone asymétriques. De plus, du fait de la formation du cycle lactonique, la possibilité d'une isomérie *cis-trans* pour la forme énolique est à éliminer. L'isolement et l'établissement de la structure de ces isomères font l'objet d'une étude en cours.

Partie expérimentale : A. *Éther éthylique de l'acide paranitrophénylpyruvique* (I). — Nous avons adopté un mode opératoire analogue à celui de W. Wislicenus ([1]), mais en remplaçant l'éther anhydre par l'alcool absolu. Les rendements en ester sont du même ordre, mais nous n'avons pas constaté la formation des sous-produits indiqués par ces auteurs. Le produit isolé se présente sous la forme de cristaux jaune pâle, très oxydables à l'air, F 106° (benzène), il donne une coloration vert noir avec le perchlorure de fer et rouge avec les alcalis.

B. *Condensation avec les aldéhydes aromatiques.* — L'éther éthylique (I) réagit rapidement au sein de l'alcool, en présence de potasse, avec une quantité équimoléculaire d'aldéhyde. On obtient un précipité rouge de dérivé potassé qui est séparé par filtration. Un traitement par ClH dilué donne un produit jaune qui est recristallisé dans l'alcool. On obtient ainsi directement, avec un rendement de 50 à 60 %, l'oxolactone correspondante. Ces oxolactones donnent une coloration intense avec le perchlorure de fer; insolubles dans le bicarbonate de soude, elles sont entièrement solubles dans la soude diluée, ce qui permet leur titrage acidimétrique; elles sont décomposées sous l'action des alcalis à chaud avec régénération de l'aldéhyde et de l'acide α-cétonique.

Description des corps obtenus (II). — α-oxo β-(nitro-4 phényl) γ-phényl-butyrolactone $C_{16}H_{11}O_5N$. F_{inst} 236° (déc.) (alcool), cristaux jaune pâle, coloration brune avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 302 ; calculé pour $C_{16}H_{11}O_5N$: 297. (III). — α-oxo β- (nitro-4 phényl) γ-(méthoxy-4′ phényl)-butyrolactone $C_{17}H_{13}O_6N$. F_{inst} 271-272° (déc.) (alcool) cristaux jaune clair, très peu solubles dans l'alcool, et dans le benzène, coloration brune avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 326; calculé pour $C_{17}H_{13}O_6N$, 327. (IV). — α-oxo β-(nitro 4 phényl) γ-styrryl-butyrolactone $C_{18}H_{13}O_5N$. F_{inst} 207-208° (déc.), flocons blanc jaunâtre, très peu solubles dans l'alcool, coloration brun rouge avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 320; calculé pour $C_{18}H_{13}O_5N$, 323. (V). — α-oxo β-(nitro-4 phényl) γ-(furfuryl)-butyrolactone $C_{14}H_9O_6N$. F_{inst} 201° (déc.) cristaux jaune pâle, très solubles dans l'alcool, peu solubles dans le benzène, coloration brune avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 290; calculé pour $C_{14}H_9O_6N$, 287. (VI). — α-oxo β-(nitro-4 phényl) γ-(naphtyl-1′)-butyrolactone $C_{20}H_{13}O_5N$. F_{inst} 215° (déc.), cristaux jaune pâle, assez solubles dans l'alcool, et F_{inst} 223° (déc.), cristaux jaune pâle très peu solubles dans l'alcool. Ces deux isomères donnent la même coloration brune avec $FeCl_3$ et le même poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 343; calculé pour $C_{20}H_{13}O_5N$, 347.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition des organo-magnésiens par l'éthérate de bromure de magnésium.* Note (*) de M. **Pierre Bédos**, présentée par M. Marcel Delépine.

Tahsin Rüstü Beyer ([1]) a montré que l'éthérate de bromure de magnésium se combine aux organo-magnésiens en donnant des composés bien définis, mais nous avons pu constater que la stabilité de leurs solutions dépend de la pureté du magnésium utilisé. En particulier, un échantillon de ce métal renfermant de petites quantités de cuivre et de fer ([2]) nous a permis d'observer une décomposition massive de CH_3MgI, de C_2H_5MgBr et de $(CH_3)_2CHMgBr$, s'amorçant déjà vers 0°.

Dans nos expériences, 1/10 mol/g d'organo-magnésien était traité par des quantités croissantes d'éthérate de Br_2Mg(1/10, 2/10, 3/10, 4/10 mol/g); lorsque la réaction était terminée, l'organo-magnésien restant était décomposé par addition d'eau. Les gaz libérés dans ces deux réactions étaient recueillis quantitativement en plusieurs échantillons et analysés.

Avec le bromure d'éthylmagnésium, 2/10 mol/g d'éthérate de Br_2Mg ont suffi pour décomposer presque totalement 1/10 mol/g de C_2H_5MgBr, libérant sensiblement la quantité théorique d'un mélange d'éthane et d'éthylène de composition constante durant toute la réaction (39 à 42 % d'éthylène).

La décomposition du bromure d'isopropylmagnésium s'est montrée encore plus facile, mais la proportion de propène, très variable au cours de la réaction, et d'une opération à l'autre, était généralement faible, de 10 à 30 %, et atteignait rarement 38 %.

On peut interpréter cette réaction, avec quelque vraisemblance, en admettant que la molécule de l'organo-magnésien est scindée en donnant transitoirement un sous-halogénure de magnésium et des radicaux monovalents



$$2\,CH_3-CH_2-MgBr \rightarrow BrMg-MgBr + 2-CH_2-CH_3$$

et que ces radicaux se transforment ensuite en carbure saturé CH_3-CH_3 et radicaux divalents $=CH-CH_3$, ceux-ci engendrant aussitôt le carbure éthylénique correspondant $CH_2=CH_2$.

L'iodure de méthylmagnésium s'est montré nettement plus résistant et 4/10 mol/g d'éthérate de Br_2Mg ont été nécessaires pour obtenir la décomposition totale de 1/10 mol/g de CH_3MgI. Le gaz recueilli était constitué par du méthane sensiblement pur, au moins au début de la réaction; la somme des

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Kimya Annali Istambul*, 2, 1937, p. 18.

([2]) Cu : 0,6 %; Fe : 0,01 % dosés dans les solutions aqueuses résiduelles de nombreuses opérations.

volumes mesurés dans l'action de Br_2Mg et de l'eau était toujours notablement inférieure à la quantité théorique.

Dans ce cas encore, on peut admettre que la libération du méthane est accompagnée de la formation transitoire de radicaux divalents méthylène $= CH_2$, mais ceux-ci semblent disparaître dans une réaction non identifiée à ce jour. Dans la décomposition du bromure d'éthyl-magnésium et du bromure d'isopropyl-magnésium, il est possible qu'une partie des radicaux éthylidène et isopropylidène subisse un sort analogue, le rendement de leur transformation en carbures éthyléniques pouvant être ainsi notablement diminué, comme le révèlent les analyses des mélanges gazeux recueillis.

L'influence des impuretés du magnésium sur les rendements de la préparation des organo-magnésiens a été observée par divers auteurs; la réaction que nous signalons aujourd'hui permet de concevoir que les réactions secondaires de cette préparation puissent prendre parfois une importance considérable.

Il est facile de reproduire qualitativement ces expériences avec du magnésium pur, en ajoutant une petite quantité de chlorure ferrique à l'éthérate de Br_2Mg. En outre, le magnésium pur nous a permis de réaliser des réactions anormales qui s'interprètent aisément par cette décomposition; celles-ci feront l'objet d'une prochaine communication.

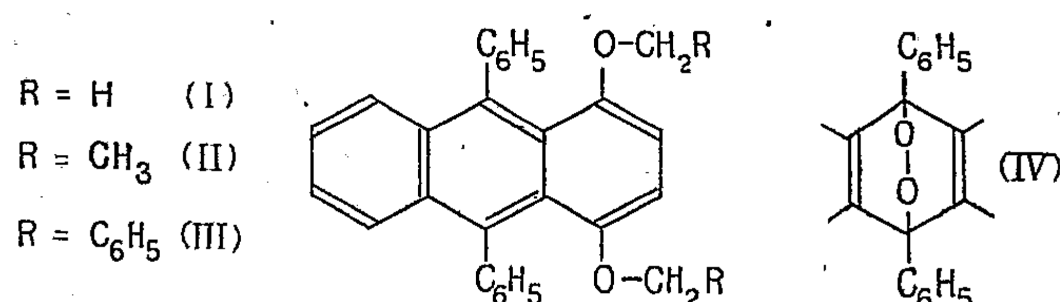
CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Sur les photooxydes dissociables à la température ordinaire.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Georges Bichet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les études systématiques entreprises jusqu'alors par Ch. Dufraisse et ses collaborateurs en vue de déterminer, pour la molécule du mésodiphénylanthracène, l'influence des substituants et de leur position sur la stabilité de l'oxygène des photooxydes, ont abouti aux résultats que l'on connaît : les méthyles, phényles, halogènes, acidyles, carboxyles et leurs éthers-sels, facilitent peu le départ de l'oxygène des photooxydes qui a toujours lieu, plus ou moins complètement, à des températures avoisinant la température de décomposition du mésodiphénylanthracène lui-même (180°). Avec les dérivés méthoxylés essayés (monométhoxy-1 et 2, diméthoxy-1.2, 1.4, 2.3, 1.8, 1.5, 2.6), un effet favorable a été seulement constaté pour les diméthoxy-2.3 et 1.4, et il est maximum avec le photooxyde du diphényl-9.10 diméthoxy-1.4 anthracène (I) qui libère son oxygène à la température ambiante (82 % en l'espace de deux mois) [1].

(*) Séance du 21 mars 1949.

(1) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1822; 209, 1939, p. 516, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 9, 1942, p. 171.

Nous avons voulu reprendre l'étude en examinant l'effet des substituants supplémentaires sur les méthyles liés à l'oxygène des méthoxyles en 1.4. Nous présentons un premier travail sur le sujet; il concerne l'influence d'un méthyle et d'un phényle, c'est-à-dire envisage le cas des dérivés diéthoxylés et dibenzyloxylés-1.4 de l'anthracène mésodiphénylé.



Le diphényl-9.10 diéthoxy-1.4 anthracène, $C_{30}H_{26}O_2$, (II) F_{inst} 246-247° et le diphényl-9.10 dibenzyloxy-1.4 anthracène, $C_{40}H_{30}O_2$(III), F_{inst} 183° (²) se photooxydent convenablement dans l'éther en solution très diluée en donnant les peroxydes transannulaires de structure générale (IV). Dans le sulfure de carbone, solvant habituellement utilisé pour la photooxydation, l'action est beaucoup trop intense et aboutit à la résinification complète des produits.

Comme le dérivé diméthoxylé, le photooxydiphényl-9.10 diéthoxy-1.4 anthracène, $C_{30}H_{26}O_4$, se dissocie lentement à la température ambiante, mais rapidement à 70-75° avec dégagement de 95 % de son contenu d'oxygène; cette décomposition a lieu avec luminescence. Le photooxydiphényl-9.10 dibenzyloxy-1.4 anthracène, $C_{40}H_{30}O_4$, est, par contre, notablement moins labile; il ne libère pas d'oxygène à la température ambiante et ne se dissocie complètement (rendement en oxygène 95 %) que vers 95-100° avec une luminescence de même intensité que pour le corps précédent. Dans les deux cas, on retrouve toujours l'hydrocarbure initial dans un grand état de pureté.

Le dégagement de l'oxygène à la température ambiante des photooxydes des corps I, II, III a été étudié manométriquement. Les premiers résultats obtenus (expériences en cours) indiquent, qu'à froid, le photooxyde diéthoxylé se dissocie, environ 8 fois plus lentement que le diméthoxylé alors que le dibenzyloxylé n'est pas décomposé.

Ces faits méritent une attention particulière. On voit que les alcoxyles en 1.4 abaissent d'une manière plus importante que les autres substituants la température de décomposition des photooxydes des dérivés mésodiphénylanthracéniques. De plus, l'ordre de labilité, qui va en décroissant des méthoxyles aux éthoxyles puis aux benzyloxyles, est assez surprenant. En effet, si l'on se réfère spécialement au mécanisme déjà proposé pour la décomposition des

(²) Ces corps ont été préparés suivant la méthode connue à partir des anthraquinones convenables.

photooxydes (³) et, par exemple, à la notion bien connue d'effet inductif du méthyle (effet +I), le dérivé diéthoxylé, que l'on peut considérer comme l'homologue immédiat du diméthoxylé, devrait être le plus instable des deux. Une autre interprétation pourra être donnée plus tard, lorsque l'on aura des éléments d'information supplémentaires, en s'appuyant sur la notion d'hyperconjugaison.

La luminescence jaune vert, constatée au cours de la décomposition rapide des trois photooxydes, mérite également une attention particulière. L'intensité de la lumière émise ici, comparativement plus élevée que celle que l'on observe avec les autres photooxydes (photooxydiphénylanthracène et photooxydiphényl α-azanthracène par exemple) ne peut s'expliquer d'après les données thermochimiques (recherches inédites). D'autre part, le fait qu'il y ait émission de lumière avec dégagement d'oxygène, sans attaque du substrat carboné, suivant le schéma : $AO_2 \rightarrow A + O_2 + h\nu$, met ce phénomène à part des cas connus de chimiluminescence de corps organiques. En effet, pour ceux-ci, bien que le mécanisme ne soit pas élucidé, on admet généralement qu'il y a émission de lumière par oxydation biochimique et chimique des substances carbonées (oxydoluminescence) : cas de la luciférine, des magnésiens, des luminols, etc. La *désoxydoluminescence*, observée ici pour les photooxydes, avec une si grande netteté, sans altération de la matière organique, constitue un phénomène entièrement distinct des autres luminescences auxquelles participe l'oxygène : il mériterait une étude spéciale.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Production de quartz artificiel en cristaux de grandes dimensions*. Note de M. **Immanuel Franke** et Mlle **Marthe Huot de Longchamp**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les applications des phénomènes piézoélectriques ont accru dans des proportions considérables les besoins en cristaux de quartz; les gisements de cristaux utilisables sont insuffisants et, jusqu'à présent, les procédés de synthèse proposés exigeaient des conditions opératoires pratiquement difficiles à réaliser.

Spezia (¹) utilisant les variations de la solubilité du quartz en solution alcaline en fonction de la température, obtint un accroissement d'un cristal naturel servant de germe, mais les conditions sont impropres à une fabrication industrielle.

J. Kœnigsberger (²), C. N. Fenner (³), W. Ipatieff et B. Mouromtseff (⁴),

---

(³) Ch. Dufraisse, R. Demuynck et A. Allais, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 487.

(¹) *Atti. Accad. sci. Torino*, 33, p. 283-308 et 876-882; 35, p. 750-761.

(²) Kœnigsberger John et Muller Wolf, *Centr. Min.*, 1906, p. 339-348, 353-372.

(³) *J. Wash. Acad. Sci.*, 2, p. 471-480.

(⁴) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 647-649.

George W. Morey et B. L. Bowen ([5]) obtinrent par *recristallisation* de silice (vitreuse ou précipitée) à température constante, des cristaux de quartz beaucoup trop petits pour l'application industrielle.

Nacken ([6]) a modifié cette méthode en disposant avec la silice fondue dans le milieu alcalin un germe de quartz sur lequel la silice peut se déposer en recristallisant. Cette méthode donne des morceaux plus gros mais encore trop petits pour être utilisés en télécommunication parce que la recristallisation se produit surtout sur le corps-mère et le phénomène s'arrête. En outre, la pression est encore beaucoup trop élevée (1 000 atm.)

Le procédé décrit ici, qui est une synthèse hydrothermale comme la plupart des procédés connus, ne réclame au contraire qu'un appareillage très simple. Il utilise le phénomène de transport de silice dû à la différence de solubilité qui règne entre deux régions d'une solution alcaline portées à deux températures différentes. La faible solubilité de la silice ne permet pas un dépôt suffisant par simple refroidissement de la solution saturée. Un corps-mère, quartz ou silice vitreuse, est disposé dans la région la plus chaude; un germe de quartz, dans la région la plus froide ; l'orientation de ce germe est fonction de la solution alcaline utilisée, qui commande les vitesses relatives de croissance suivant les différentes faces. On utilise pratiquement les faces de la pyramide ; la croissance des faces du prisme est trop lente ; celle de la base, trop rapide et irrégulière, se fait avec des inclusions.

Les températures oscillent entre 200° et 300° C. et la pression reste environ à 60 atmosphères. Suivant la solution alcaline utilisée, dont le choix n'est d'ailleurs pas restreint ($NaOH$, $LiOH$, $NaHCO_3$, Na_2CO_3, $Na_2B_4O_7$ etc.), le revêtement de l'autoclave n'est pas nécessairement en argent ou en acier spécial; mais toutefois, une attaque même minime des parois doit être soigneusement évitée car elle présente deux dangers : cristallisations parasites et introduction d'impuretés dans le réseau cristallin qui troublent considérablement les propriétés piézoélectriques.

On a ainsi obtenu, en 3 ou 4 semaines, des monocristaux homogènes, sans inclusions, de $3 \times 2 \times 0^{cm},5$ pesant de 8 à 10^g dans de simples autoclaves cylindriques de 300^{cm^3}. Ces cristaux synthétiques étaient, aussi loin que la comparaison ait été effectuée (observations au microscope polarisant, diagrammes de Laue et Debye-Scherrer, mesures de densité, spectres d'absorption dans l'ultraviolet identiques) aux cristaux de quartz naturel et propres à des utilisations piézoélectriques.

([5]) *Jour. Soc. Glass. Techn.*, **11**, p. 97-106.

([6]) *Voir* : Tournier, *Onde Électrique*, **249**, déc. 1947, p. 447.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Nouveau mode d'obtention d'un sulfure de cuivre cubique type* Cu_9S_5 *et particularités structurales*. Note (*) de MM. **Raymond Hocart** et **Roger Molé**, présentée par M. Charles Mauguin.

En reprenant du point de vue des correspondances réticulaires de phases, les préparations de certains sulfosels de cuivre et en particulier celle de la chalcopyrite faite précédemment par Forestier et Longuet ([1]), par combinaison des sulfures simples en suspension dans l'eau, nous avons été amenés à examiner séparément les sulfures de cuivre et de fer qui sont les produits de départ.

En préparant du sulfure de cuivre par précipitation d'une solution de chlorure cuivrique au moyen de sulfure de sodium, on n'obtient pas nécessairement du sulfure cuivrique. Selon les conditions de température (20 à 80°) et de concentration relative, on obtient des mélanges en proportions variables de sulfure cuivrique type covelline et de sulfures cuivreux. L'une de ces dernières phases, précipitée à environ 60-70° est cubique et correspond au type digénite Cu_9S_5. Nous avons donc cherché à obtenir systématiquement ce dernier type à *la température ordinaire* et dans des conditions reproductibles.

On connaît plusieurs sulfures cuivreux : la chalcosine hexagonale stable selon Buerger au-dessus de 105° ([2]), la chalcosine orthorhombique à température ordinaire, qui, à 91° selon Ramsdell ([3]), ou à la température ordinaire avec un excès de 8 % de soufre, est cubique, la chalcosine cubique ou chalcosine bleue et enfin la digénite. La chalcosine cubique qui selon Buerger ([4]) se confondrait avec la digénite existe à l'état naturel : elle a été reproduite au laboratoire par Rahlfs ([5]) et Buerger ([4]). Rahlfs en a fait la synthèse par combinaison directe des éléments en prenant un excès de soufre. Buerger a fait l'étude du système $CuS—Cu_2S$ à différents pourcentages, après recuit et homogénéisation.

Pour nos expériences, nous sommes partis de chlorure cuivreux purifié par dissolution dans HCl, recristallisé et lavé avec de l'eau chargée de gaz sulfureux. Il est dissous dans HCl et étendu d'eau jusqu'à la limite de solubilité du chlorure. On laisse barboter un courant d'hydrogène sulfuré. Le sulfure ainsi obtenu est lavé avec le sulfure de carbone pour dissoudre le soufre libre, puis centrifugé, relavé à l'alcool et desséché sous vide à une température inférieure à 30°.

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 439.

([2]) *The American Mineralogist*, 29, 1944, p. 55.

([3]) *The American Mineralogist*, 13, 1928, p. 115.

([4]) *The American Mineralogist*, 27, 1942, p. 712.

([5]) *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, Abt. B, 31, 1936, p. 157.

L'analyse de cette substance (cuivre par électrolyse, soufre par transformation en sulfate), nous donne une composition voisine de $Cu_{9,5}S_5$ qui met en évidence un déficit de cuivre. De plus, l'analyse aux rayons X, faite à la température ordinaire, nous donne la phase cubique à faces centrées pour un produit obtenu lui-même à la température ordinaire à la différence des synthèses de Cu_9S_5 faites par Rahlfs et Buerger. D'après nos diagrammes de poudres, la phase cubique à faces centrées contient $4C_{1,8}S$ par maille avec $a_0 = 5{,}8$ Å ($K_\alpha Co = 1{,}790$ Å) ; elle est accompagnée de chalcosine type Bristol, decelée par deux raies faibles d'espacement 2,39 et 1,88 Å.

Rahlfs ([5]) a étudié les diagrammes obtenus à 170° pour la chalcosine cubique de synthèse; en comparant ses résultats avec les nôtres pour la phase de température ordinaire décrite ici, nous trouvons une distribution parallèle des intensités, sauf pour les raies (222) et (400), toutes deux extrêmement faibles ici; (222) est très faible, mais (400) moyenne chez Rahlfs. Cette divergence va en s'atténuant lorsqu'on prend pour terme de comparaison avec les déterminations de Rahlfs le diagramme de la phase obtenue à la température ordinaire et chauffée en suspension dans l'eau pendant 20 minutes à 85 et 100°. Cette dernière semble plus complexe cependant que celle de température ordinaire en raison de l'apparition de raies faibles telles que (211) qui excluent le réseau cubique à faces centrées.

Rahlfs a calculé dans diverses hypothèses structurales l'intensité théorique des raies, mais ses tableaux de valeurs ne lui permettent pas d'expliquer les intensités comparées de (222) et (400), telles qu'il les a observées. En revanche, ses calculs concordent convenablement avec notre diagramme de la phase obtenue à température ordinaire lorsque nous adoptons la structure suivante : répétition cubique à faces centrées appliquée au soufre de coordonnées 000, au cuivre de coordonnées $\frac{1}{4}\frac{1}{4}\frac{1}{4}$, et en outre statistiquement au cuivre restant, par le système uuu; $\bar{u}\bar{u}u$; $u\bar{u}\bar{u}$, $\bar{u}u\bar{u}$; avec $u = 2/3$.

Le motif partiel tétraédrique non statistique Cu et S de cette structure est celui de la blende, de la chalcopyrite et s'exprime ici par des paramètres absolus concordants pour les deux espèces (chalcopyrite $a = 5{,}24$ Å, $c = 10{,}30$ Å) ([6]).

Cela rend possible, dans la synthèse des sulfures produite dans l'eau vers 70°, le rôle intermédiaire de la phase cubique Cu_9S_5 comme support épitaxique de la chalcopyrite artificielle.

GÉOLOGIE. — *Le calcaire à Entroques en bordure du Morvan.*

Note de M. **René Mouterde**, transmise par M. Gaston Delépine.

Le terme de calcaire à Entroques désigne autour du Morvan l'ensemble des couches calcaires de l'Aalénien majeur et du Bajocien inférieur et moyen.

([6]) *Zeitschrift für Kristallographie*, **82**, 1932, p. 188-194.

Elles sont épaisses en Bourgogne, relativement réduites au contraire dans le Nivernais. Poursuivant l'étude du Lias et de l'Oolithe inférieur de ces régions, j'ai constaté que la réduction d'épaisseur du calcaire à Entroques s'étend à toute la bordure Ouest et Nord-Ouest du Morvan et qu'elle est encore plus accusée qu'on ne l'a dit. Les Ammonites recueillies permettent de préciser l'âge de la base et du sommet de la formation.

1. Aux environs de Nevers, la puissance de la série calcaire varie entre 4^m (Sermoize) et 8^m (Saincaize, Sain-Ouen). Si l'on se rapproche du Morvan, les épaisseurs les plus faibles enregistrées jusqu'ici se situent à 20 ou 30^{km} à l'Ouest du massif ancien : 4^m seulement à Saint-Benin-d'Azy, contre plus de 8^m à Vandenesse; à peine 4^m à Tannay, contre 10^m environ dans la région de Bazoches et Neuffontaines. C'est à l'Ouest de Clamecy, à Corvol-l'Orgueilleux que j'ai observé l'épaisseur la plus faible : $0^m,75$. Peut-être faudrait-il chercher dans l'existence d'un haut fond jalonnant approximativement l'axe du massif de Saint-Saulge la raison de ces épaisseurs minima.

A l'angle Nord-Ouest du Morvan et à peu près jusqu'à la vallée de l'Armançon, a série calcaire garde une faible puissance : 8^m à Annay-la-Côte, au Nord d'Avallon, environ 15^m au Nord de l'Isle-sur-Serein, moins de 10^m au Télégraphe de Pizy, mais davantage à la montagne de Bard-les-Époisses.

Au delà de la vallée de l'Armançon nous entrons dans le domaine bourguignon aux épaisseurs bien plus grandes : 30^m à 35^m à Montbard et Flavigny; elles sont caractéristiques de la bordure Est jusqu'à Nolay (plus de 40^m); cette forte puissance reste la règle en Mâconnais (50^m à 80^m), en Beaujolais et au Mont-d'Or lyonnais (50^m); mais au Sud même du Morvan, en Charollais, les épaisseurs se réduisent : 20^m environ à Charolles et à La Clayette.

2. Les Ammonites recueillies dont G. Dubar a bien voulu revoir les déterminations permettent de préciser l'âge de la formation.

Aux environs de Nevers, la série calcaire débute localement par 1^m ou 2^m de calcaire à larges Encrines du sommet de la zone à *L. opalinum*; il comprend le sommet de la zone à *L. concavum* (*Haplopleuroceras* sp., *Hyperlioceras acutica-rinatum Dorn* à Fourchambault) et le Bajocien inférieur (grandes *Sonninia* et *Witchellia* rongées peu déterminables et, au sommet, *Otoites Sauzei* d'*Orb.*, *Kumatostephanus perjucundus S. Buckman*). Elle est surmontée par un calcaire marneux à oolithes ferrugineuses avec faune du sommet de la zone à *O. Sauzei* et de la zone à *T. Blagdeni* (Bajocien moyen). La disposition est identique avec les séries plus fossilifères à l'Ouest de la Loire (Nérondes).

A Saint-Benin-d'Azy la série calcaire renferme à sa base *Darellina* cf. *docilis* S. Buck. (zone à *L. concavum*); elle est surmontée par une oolithe ferrugineuse à *Strenoceras niortense* d'Orb. (Bajocien sup.)

Autour de Vandenesse on récolte *O. Sauzei* d'Orb., *Emileia bulligeras* S. Buck., tantôt au sommet, tantôt dans la partie moyenne des calcaires; ils sont couronnés par des couches d'oolithe ferrugineuse d'âges divers super-

posées (de *Garantia dichotoma* Bentz (Bajocien sup.) à *Morphoceras polymorphum* d'Orb. (Bathonien).

A Tannay les calcaires sans Ammonites sont recouverts par une oolithe ferrugineuse qui contient d'abord *Teloceras* cf. *blagdeniforme* Roché (Bajocien moyen) et ensuite *Garantia* sp. A Corvol le banc calcaire, réduit à 0m,75, sans Ammonites, est surmonté par deux oolithes ferrugineuses séparées par des marnes, la première bajocienne renferme *Gar. garanti* d'Orb., la deuxième bathonienne *Oppelia fusca* Qu., *Zigzagiceras pseudoprocerum* S. Buck. Tout l'étage Bajocien a moins de 2m d'épaisseur en ce point.

A l'Ouest d'Avallon, à Givry, la base des calcaires contient *Ludwigella vibrata* S. Buck. (zone à *L. concava*) et les bancs suivants *Sonninia* cf. *franconica* Dorn, *Witchellia* aff. *læviuscula* Sow. (Bajocien inf.). Au Nord de l'Isle-sur-Serein la partie inférieure du calcaire renferme *Ludw. cornu* S. Buck. (zone à *L. concava*); à la base des oolithes ferrugineuses superposées on trouve souvent *Garantia Garanti* d'Orb.

En Bourgogne les Ammonites sont aussi rares : à la base des calcaires *Ludw.*, cf. *callosa* S. Buck. (zone à *L. concava*) à Montbard, *Sonninia palmata*[1] S. Buck., *S. aff. attrita*[1] S. Buck. (Bajocien inf.) à Flavigny; *Ludw.* cf. *arcitenens* S. Buck., *Lopadoceras furcatum* S. Buck., etc., à Nolay, au Musée de Semur (1), de rares pièces indiquent la zone à *L. Murchisonæ* et le Bajocien inférieur au Nord de cette ville. A la partie supérieure, les calcaires dits « à Gervillies » ont livré *Teloceras Blagdeni* Sow. (Flavigny, Bligny-s-Ouche); les marnes à *Ostrea acuminata* qui les surmontent contiennent *Gar. Garanti* d'Orb., *Park. Parkinsoni* Sow.

Enfin à Charolles, le calcaire fournit en bas : *Brasilia Baylei* S. Buck. (zone à *L. concava*) et en haut *Steph. Humphriesi* Sow. (Bajocien moyen); l'oolithe ferrugineuse superposée contient *Strenoceras niortense* d'Orb.

En résumé, il semble qu'autour du Morvan le calcaire à Entroques débute souvent au cours de la zone à *L. concava* ou après elle; la zone à *L. Murchisonæ* ne figure que localement alors que son rôle est essentiel au Mont-d'Or lyonnais et important en Mâconnais; la zone à *L. opalinum* est présente à Nevers et à l'Ouest de la Loire. La différence d'épaisseur observée (4 à 10m à l'Ouest, 30m à l'Est) est due au fait qu'à l'Ouest le Bajocien moyen (zone à *Teloceras Blagdeni*) manque ou est à l'état de couches sporadiques à oolithe ferrugineuse alors qu'il est calcaire et épais en Bourgogne; mais d'autres causes (érosion, sédimentation réduite à cause des courants sous-marins) devront expliquer la diminution générale d'épaisseur du Bajocien inférieur à l'Ouest, particulièrement à Corvol où le calcaire à Entroques a moins de 1m et tout le Bajocien même pas 2m.

(1) J. Joly, *Comptes rendus mensuels du Bulletin scientifique de Bourgogne*, 26 février 1947, p. 3.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur une variété de tourmaline sodo-manganésifère dans des filons de pegmatite des environs de Roscoff.* Note de M. **André Sandréa**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Dans ces roches on trouve une tourmaline noire, bleue en lames minces, présentant des teintes de polychroïsme mauve violet.

Des recherches minutieuses ont permis de retrouver cette tourmaline dans un filon de pegmatite à microcline, quartz, muscovite et grossulaire situé à 350^m à l'Est de la jetée du Port de Batz, et dans les filonnets de micropegmatite écrasée à albite, quartz, topaze, apatite et grossulaire rencontrés dans une carrière abandonnée à 3^{km} S 23° SW de la station biologique de Roscoff.

A l'œil nu, la tourmaline apparaît en prismes triangulaires noirs, de 0^{mm},5 à 1^{mm},5 de diamètre maximum, sans dépasser 2^{cm},5 de longueur avec de rares associations embranchées en Y (macle de Matvéeff?).

On a pu mesurer approximativement au moyen des liqueurs denses des indices suivants : n_g 1,66 (teinte de polychroïsme bleu foncé indigo); n_p 1,64 (d'un bleu pâle légèrement mauve).

La biréfringence maximum, déterminée au compensateur de Bereck est égale à 0,020.

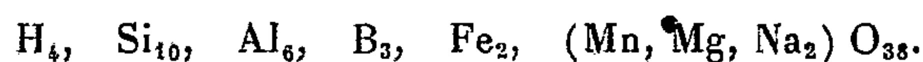
Le minéral n'est pas homogène; les sections perpendiculaires à l'axe optique donnent une zone bleu foncé externe autour d'une zone axiale bleu clair; en outre, de toutes petites portions en bordure sont occupées par de la tourmaline brun verdâtre correspondant au schorl ferro-magnésien, commun dans la région. Les cristaux sont souvent traversés par des veinules d'une matière brune que l'examen au microscope par réflexion a permis de diagnostiquer comme limonite. Enfin, de nombreuses inclusions entourées d'auréoles polychroïques doubles mais diffuses ont dû être déterminées en immersion. Il s'agit d'un minéral disposé en grains tabulaires entassés, de forts indices et d'une biréfringence élevée, mais inférieure à celle du zircon. Une bissectrice aiguë a donné une très légère déformation des courbes isochromatiques (angle 2V ne dépassant pas 20° autour de n_g); ces caractères correspondent à la monazite.

La tourmaline a été analysée par voie chimique (analyste Patureau du C.N.R.S.) et par voie spectroscopique. Afin d'éviter la présence des matières étrangères, le matériel a été sélectionné avec toutes les précautions possibles : pulvérisation fine, séparation à l'aide des liqueurs lourdes, triage à l'électro-aimant et contrôle de la poudre à analyser au microscope.

L'analyse chimique a donné

SiO_2	33,50	Na_2O	2,65
Al_2O_3	31,80	K_2O	0,15
Fe_2O_3 } FeO }	13,80	TiO_2	0,25
		P_2O_5	0,09
MnO	3,75	H_2O^+	3,30
MgO	2,00	B_2O_3	8,31
CaO	0,45	Li_2O	0
			100,05

Cette composition est représentée par la formule



$$H_4,\ Si_{10},\ Al_6,\ B_3,\ Fe_2,\ (Mn, Mg, Na_2)\ O_{38}.$$

Des essais par analyse spectrale *paraissent indiquer* la présence de traces de Ge^{+++}, Cu^{++}, Sn^+, Ga^+ tandis qu'un spectre de comparaison sur une schorlite commune indique en plus du Gl, Ni, Cr. Ensuite, plusieurs plaques minces ont été sacrifiées afin de procéder au découpage dans le corps même de la plaque des zones riches en inclusions; 35^{mg} ont été spectrographiés dans l'arc de 180 V. Outre des éléments observés dans le spectre mentionné plus haut ont apparu assez nettement les raies 3171,8, 3337,7, 3791, 3795, du lanthane, 4092,6 et 4134 (?) du cérium et de nombreuses raies du phosphore. Cela confirme le diagnostic microscopique de monazite, avec toutes les réserves impliquées par des mesures de longueur d'onde faites directement.

Si l'on essaie de situer cette tourmaline dans la systématique, on voit qu'elle appartient par ses teneurs en Si, Al, Fe, Mg, au groupe classique de schorls, et par ses teneurs en Na, Mn, à la famille des alcalino-manganésifères (sans lithium). Quant aux éléments présents à l'état de traces, à l'exception du germanium commun à toutes les tourmalines, l'étain et le gallium se manifestent surtout dans les schorlo-dravites. Le sodium est à peine apparent dans la formule (coefficient : 4,8/5), mais la teneur en manganèse est remarquable.

Tout ceci permet de conclure à un type de tourmaline idéalement intermédiaire entre les types alcalino-manganésifères des indigolites et la grande famille des ferro-magnésiens. Comme il est vraisemblable que chaque minéral présente des types correspondant à des variations chimiques continues, il nous a semblé intéressant de signaler un type original nettement caractérisé par ses caractères optiques et chimiques.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'emploi de la lumière polarisée dans l'examen microscopique des surfaces polies d'anthracite et sur la détermination des teneurs en tissus ligneux de ces combustibles.* Note (*) de M. **André Duparque**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'*anisotropie* des parties homogènes des anthracites signalées par Schnei-

(*) Séance du 21 mars 1949.

derhöhn et Ramdhor [1] a permis à Hoffmann et Jenkner [2] de montrer que les *pouvoirs réflecteurs* des houilles brillantes (Vitrain) sont d'autant plus élevés que leurs teneurs en matières volatiles sont plus faibles et d'attribuer leurs anisotropies croissantes au jeu de pressions plus intenses. Capdecomme [3] et Brusset [4] ont expliqué ces *anisotropies d'ensemble* par la présence de *cristallites de graphite* orientés suivant certaines directions que le premier de ces auteurs assimile à une schistosité déterminée par des pressions orientées perpendiculairement à son développement.

Pour améliorer la visibilité des *débris végétaux organisés* des houilles maigres, ou anthraciteuses, j'ai tenté à différentes reprises d'utiliser la *lumière incidente polarisée* sans obtenir, en raison de leurs anisotropies trop faibles, de résultats appréciables, alors que des essais récents sur des *anthracites typiques* alpins (La Mure, Arrèches, etc., Briançonnais) ou marocains (Djerrada) m'ont permis, au contraire, de mettre clairement en évidence des structures que ne révèlent pas ou que laissent seulement deviner les examens en lumière naturelle. Des *anisotropies intenses* s'observent constamment dans les sections polies *perpendiculaires au plan de stratification* et il suffit de placer la direction de ce plan à 45° des sections principales du polariseur et de l'analyseur croisés pour provoquer l'*éclairement maximum* du ciment organique homogène sur le fond clair duquel se profilent nettement les contours des *débris végétaux isotropes* dont certains sont complètement invisibles en lumière naturelle comme le prouve la comparaison des figures 1 et 2 représentant le même anthracite de Djerrada respectivement en *lumière naturelle* (L. n.) et en *lumière polarisée* (L. p.).

En *lumière naturelle* (*fig.* 1), l'on ne distingue nettement que les limites de *quatre lames ligneuses* de *Fusain* (houille mate fibreuse) (F_6, F_9) et de *Xylain* (bois partiellement gélifié) (X_{a2}, X_{a8}), l'extrémité de la lentille de Fusain F_7 paraissant se confondre avec la lame de Xylain X_{a8} et celle de la lame de *Xylovitrain* X_{v3} (bois totalement gélifié) étant à peine visible. Le lit de houille compris entre la lame X_{v3} et la lentille F_6, divisé par deux fentes verticales de retrait ou de contraction, paraît complètement homogène et amorphe.

En *lumière polarisée* (*fig.* 2), on observe aisément *neuf lames ligneuses principales* numérotées de 1 à 9 après chaque indication de leur nature. Les limites du *Xylovitrain* (X_{v1}, X_{v3}, X_{v4}), invisibles en lumière naturelle, sont aussi nettes que celles du *Xylain* (X_{a2}, X_{a8}) ou du *Fusain* (F_6, F_9) qui sont plus floues en lumière naturelle. Le Fusain est caractérisé (F_6, F_7, F_8) par une *teinte noire homogène*, le Xylain par une *légère granulation* (X_{a2}, X_{a8}) qui diminue l'intensité de sa teinte noire et le Xylovitrain par une *teinte*

---

(1) *Lehrbuch der Erzmikroskopie*, 2, Berlin, 1931.

(2) *Glückauf*, 68, 1932, p. 81; *Fuel*, 12, 1933, p. 98.

(3) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 285.

(4) *Thèse*, Paris, 1947. (En réalité Brusset ne parle que de *pseudo-cristallites humiques à arrangement graphitoïde*.)

gris foncé homogène (X_{v3}, X_{v4}). Une petite lentille de Xylain (X_{a5}) semble avoir provoqué la déformation et la flexion de la lentille F_6 dont on ne distingue pas la cause sur la figure 1 où X_{a5} est à peu près invisible. En lumière polarisée l'hétérogénéité du lit compris entre X_{v3} et X_{a5} est mise en évidence par la présence des lames et lentilles X_{v4} et X_{v5} et de très menus débris de bois étalés parallèlement au plan de stratification mieux observables à des grossissements plus élevés. Dans les mêmes conditions d'autres lits conservent leurs apparences amorphes.

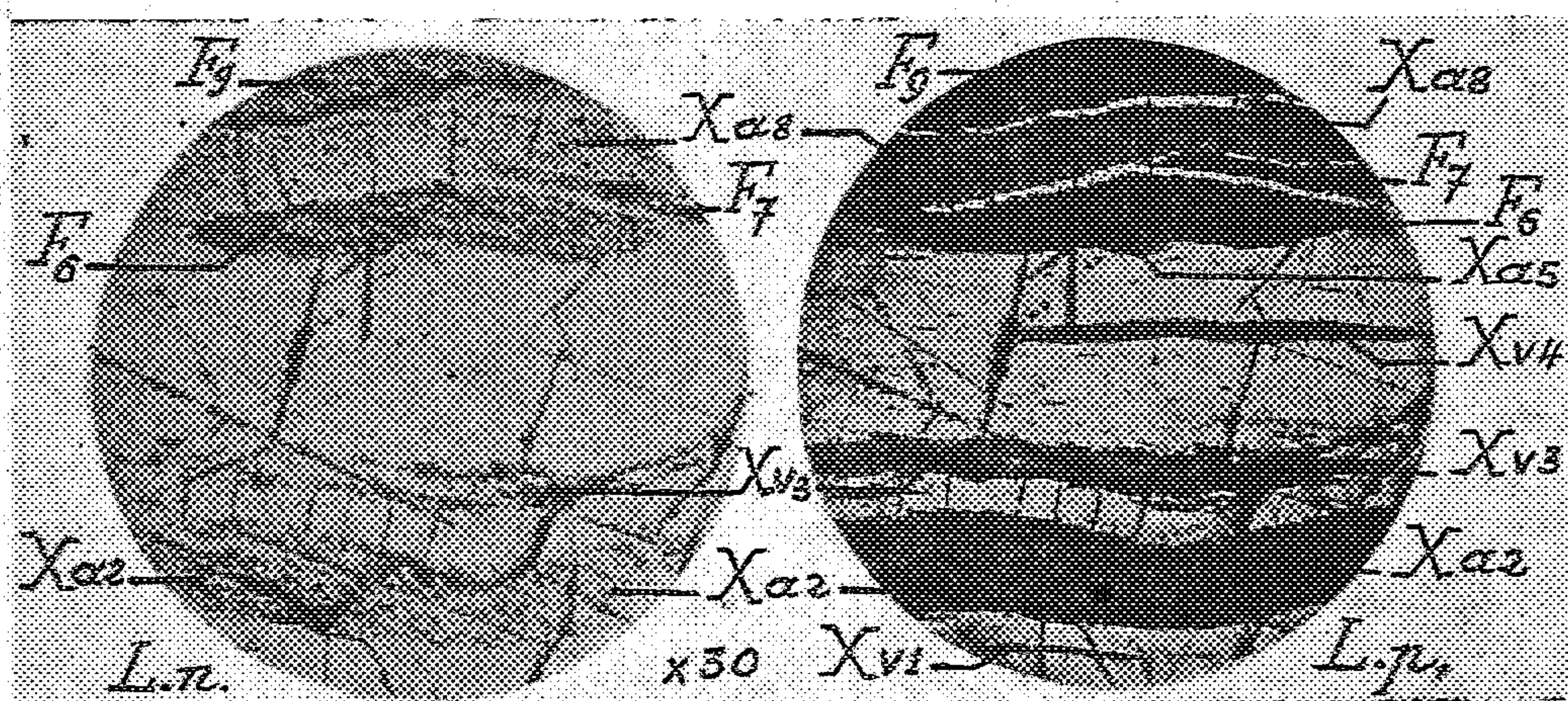


Fig. 1. Fig. 2.

En résumé, l'emploi de la *lumière incidente polarisée* utilisée seule, soit en combinaison avec la *lumière incidente naturelle*, m'a permis :

1° De mettre en évidence dans les anthracites des structures qui n'apparaissent pas en lumière ordinaire, *les débris végétaux isotropes se profilant en noir sur les fonds clairs des ciments anisotropes*. Les caractères distinctifs des trois états de fossilisation des tissus ligneux que j'ai décrits et figurés antérieurement se trouvant ainsi précisés ([1]) sans que la visibilité des structures cellulaires soit cependant améliorée.

2° De montrer *qu'il n'y a jamais passage latéral des tissus ligneux au ciment et aux lits de pâte pure* (Vitrain).

3° De mettre en évidence *l'identité de structure d'ensemble et de nature des débris organisés* des anthracites typiques, en règle générale relativement pauvres en Fusain et en tissus ligneux, et des houilles maigres ou anthraciteuses que j'ai pu décrire et figurer par le seul emploi de la lumière incidente ordinaire ([2]).

([1]) *Ann. Soc. Géologique du Nord*, 51, 1926, p. 51.

([2]) *Mémoires Soc. géol. Nord*, 11, 1933.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les caractéristiques électriques de la basse atmosphère en bordure de l'Inlandsis groenlandais.* Note de M. PHILIPPE PLUVINAGE, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours de l'Expédition française au Groenland de l'été 1948 (Mission Paul-Émile Victor), l'intensité d'ionisation, la déperdition et le champ électrique de l'atmosphère ont été mesurés aux trois camps principaux. En outre, une mesure de déperdition a été faite à quelques kilomètres à l'intérieur de l'Inlandsis. La position et l'altitude des stations sont indiquées dans le tableau des mesures. Le camp I se trouvait au débouché d'une petite vallée assez évasée à 100^{m} environ du bord de la mer; le camp II était situé dans une vallée glaciaire assez encaissée et le camp III, sur la glace de l'Inlandsis, à une cinquantaine de mètres de la moraine. L'épaisseur de la glace y était de l'ordre de 50^{m} d'après la prospection gravimétrique de J. Martin.

L'intensité d'ionisation a été mesurée à l'aide d'une chambre d'un type nouveau (1) où, pour ne pas diminuer l'effet des particules α, les parois sont constituées par un réseau de fils fins. Malheureusement la stabilité de cet appareil d'essai qui doit fonctionner en plein air, n'est pas encore parfaite et j'évalue à 10 % l'incertitude sur les mesures en valeur relative. A cela s'ajoute pour les valeurs absolues l'incertitude sur l'étalonnage qui est de l'ordre de 5 %.

La déperdition a été évaluée à l'aide d'un appareil rudimentaire mais robuste d'Elster et Geitel. Le tableau donne seulement les valeurs relatives a_+ et a_- définies par

$$a = 10 \log \frac{V_i}{V_f},$$

V_i étant le potentiel initial, V_f le potentiel final du corps de déperdition. Les valeurs absolues de la conductibilité s'obtiendraient en multipliant ces chiffres par un facteur de l'ordre de 4.10^{-5}. On sait combien l'étalonnage précisant ce facteur est incertain. L'ordre de grandeur est le même que celui obtenu par Ch. Maurain et J. Devaux (2) et Dauvillier (3) en été au Scoresby Sund.

Pour mesurer le champ électrique, un dispositif comportant une prise de potentiel à sels radioactifs, une tige d'aluminium, un support isolé au plexiglass, et un électromètre à fil construit sur les indications de R. Lecolazet, avait été fixé sur une remorque laboratoire. L'électromètre, attaché au plafond, était relié au support qui traversait le bouchon d'aération, la tige était vissée à l'extérieur sur le support et la prise était placée à mi-hauteur de la tige à 55^{cm},5 du toit. Ici encore seules des valeurs relatives ont été obtenues. Aux

(1) P. PLUVINAGE et R. UTZMAN, *Ann. de Géop.*, 4, 1948, p. 161.
(2) *Ann. de l'I. P. G. de Paris*, 11, 1933, p. 85.
(3) *Année polaire internationale* 1932-1933, participation française, II, 1938, p 27.

camps I et II un coefficient de réduction au plan n'avait pas de sens en raison du relief accidenté. Au camp III la fonte rendait la détermination de ce coefficient trop difficile, et incertaine.

Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant. L'intensité d'ionisation q est exprimé en paires d'ions crées par centimètre cube et par seconde. Le potentiel est exprimé en volts. Le nombre des mesures utilisées pour les moyennes est entre parenthèses.

	q (cm³ sec).	a_+.	a_-.	$\frac{a_+}{a_-}$.	V (volts) moyenne des valeurs.
Camp I, alt. 45ᵐ 69°45′ N–50° 16′ W	10,8 (4)	5,0 (4)	3,2 (7)	1,6	39 (32)
Camp II, alt. 440ᵐ 5ᵏᵐ,55 à l'Est du camp I	8,4 (3)	4,5 (4)	4,4 (5)	1,0	23 (46)
Camp III, alt. 620ᵐ 1ᵏᵐ,47 à l'Est du camp II	3,5 (3)	3,9 (7)	1,2 (7)	3,2	63 (90)
Camp III *bis*, 710ᵐ 3ᵏᵐ,18 à l'Est du camp III	–	2,2 (1)	2,8 (1)	0,8	–

On note les points suivants :

1° L'intensité d'ionisation décroît brutalement entre les camps II et III. Au camp III, le rayonnement d'origine tellurique est coupé par la couche de glace. Le rayonnement de l'atmosphère est aussi très diminué puisque les gaz radioactifs ne peuvent se dégager du sol. D'après les mesures de Wölcken (¹) le rayonnement pénétrant d'origine cosmique compte pour 2 dans le résultat obtenu. Il reste 1,5 pour les rayonnements mous.

2° La conductibilité positive décroît régulièrement à mesure qu'on s'éloigne de la côte. La conductibilité négative est plus capricieuse. Une valeur anormalement faible est obtenue au camp III comme si un effet d'électrode particulièrement accentué s'y produisait. Deux mesures faites le même jour, à quelques heures d'intervalles, ont donné pour le rapport a_+/a_-, 0,8 au camp III *bis*, 2 au camp III. L'effet serait donc localisé à la frontière de l'Inlandsis. La conductibilité totale est nettement moins forte sur la glace que sur la terre, mais la décroissance est moins rapide que celle de l'intensité d'ionisation. L'air doit donc contenir de moins en moins de gros ions, ou les gros ions changent de nature à mesure qu'on s'éloigne de la côte.

3° Le champ varie dans le sens voulu par l'action du relief. Le camp II où il est le plus faible est aussi le plus encaissé ; le camp III est le plus dégagé. On remarque que la variation est aussi en sens inverse de celle de la conductibilité totale. C'est conforme à une loi de l'électricité atmosphérique : le courant vertical est moins variable que les deux facteurs conductibilité et champ. J'ai

(¹) *Wiss. Erg. d. Deutsch. Grönland Exp. A. Wegener* 1929 und 1930-31, 1, p. 138.

noté une grande irrégularité du champ au camp III, avec des valeurs extrêmes positives ou négatives beaucoup plus fortes que sur terre.

En résumé, sauf pour la conductibilité positive, la bordure de l'Inlandsis présente des caractéristiques intéressantes en partie inexpliquées.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Enregistrement des variations rapides du champ magnétique terrestre au moyen d'appareils à aimant mobile.* Note de M. **Gaston Grenet**, présentée par M. Charles Maurain.

Les aimants modernes permettent de construire des magnétomètres de grand moment d'inertie (de l'ordre de 100 g/cm^2), mais de période relativement faible (une à deux secondes). Un magnétomètre ainsi constitué pourrait actionner un galvanomètre par l'intermédiaire d'un dispositif électromagnétique quelconque. L'ensemble permettrait d'enregistrer les variations rapides du champ magnétique terrestre.

Mais il se trouve que le dispositif électromagnétique peut être réduit à un simple solénoïde entourant l'aimant mobile. En première approximation l'induction du champ magnétique terrestre sur la bobine est tout à fait négligeable devant l'induction due à la rotation de l'aimant.

Ce procédé permet d'enregistrer les trois composantes des variations du champ magnétique terrestre et il est facile à mettre en œuvre.

Un appareil de ce type enregistrant les variations rapides de la composante horizontale du champ magnétique terrestre a été construit avec des moyens de fortune à l'observatoire de Tamanrasset.

La sensibilité de l'appareil dépassse 1^{mm} pour 10^{-6} gauss pour des périodes comprises entre deux et dix secondes. L'emploi d'un meilleur aimant et d'un galvanomètre mieux adapté doit permettre d'obtenir des caractéristiques d'appareil convenant encore mieux à l'enregistrement des variations rapides du champ magnétique terrestre.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la structure du g.* Trochosmilia *et sa position systématique.* Note de M. **James Alloiteau**, présentée par M. Charles Jacob.

Historique sommaire. — En fondant ce genre sur *Turbinolia corniculum* Mich., Milne Edwards et Haime lui consacrent (1) une très courte diagnose différentielle. Un mois plus tard (2), ils en donnent une description plus complète sans indiquer d'espèce-type, mais figurent *Trochosmilia Faujasi* E. H. Deux ans après (3) ils reproduisent à peu près la même diagnose et la complètent par :

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 467.
(2) *Ann. des Sc. Nat.*, 3e série, 10, p. 236, Pl. V, fig. 6, Déc. 1948.
(3) *Brit. Foss. Cor.*, Introd., 1850, p. XXIV.

(Typ. sp., *Trochosmilia Faujasi* E. H., *loc. cit.*, tab. V, fig. 6). En 1851 (¹) ils établissent une liste de 34 espèces. A compter de cette date, les paléontologistes ont accepté le genre d'Edwards et H. avec ses caractères originels.

Choix du génotype. — Certains auteurs ont adopté l'espèce du premier Mémoire : *T. corniculum;* d'autres : *T. Faujasi.* Malheureusement ces deux espèces possèdent des caractères très différents et ni l'une, ni l'autre ne peuvent prendre place dans la famille des Trochosmiliidæ Pourt. 1871.

Analyse structurale. — Elle repose, pour *T. Faujasi*, sur l'examen de l'holotype (Muséum, coll. Michelin); pour *T. corniculum*, sur celui d'un cotype recueilli dans l'Auversien de la Palarea (l'holotype, provenant des couches de même âge du Jarrier, est perdu). Une section en plaque mince de *T. corniculum* a permis d'en étudier la microstructure. Le même travail n'a pu être réalisé sur *T. Faujasi* dont l'holotype est le seul échantillon bien conservé qui soit connu de cette espèce, mais j'ai dégagé son calice et sa cavité axiale de leur gangue et pratiqué une petite fenêtre dans la muraille, ce qui m'a permis d'observer des caractères restés inconnus.

Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau ci-après. Au bas de celui-ci, sont donnés les caractères génériques indiqués dans les diagnoses.

On peut en conclure que les deux espèces appartiennent à des genres différents et que leurs caractères ne sont pas ceux de *Trochosmilia* E. H.

Comparaisons avec d'autres genres. — *a. Turbinolia corniculum* possède des septes discontinus comme *Oppelismilia* constitués par des trabécules fasciculées ou isolées mais emballées dans des couches superposées de stéréoplasme. A la différence des Stylophylliidæ, il n'existe pas d'endothèque tabulaire et la muraille est septothécale. *T. corniculum* se distingue en outre des Montlivaltiidæ dont les septes continus sont formés de trabécules simples et composées. Cette espèce fait transition entre la famille des Stylophylliidæ et celle des Montlivaltiidæ.

b. Trochosmilia Faujasi présente la même structure septale que les Parasmiliinæ. Elle ne peut être classée ni dans le genre *Cylicosmilia,* caractérisé par une endothèque abondante, ni dans le genre *Smilotrochus,* dépourvu de columelle. Elle est voisine de *Parasmilia* et *Oxysmilia*.

Conséquences systématiques. — 1° Le g. *Trochosmilia* doit être conservé avec, comme génotype, *Turbinolia corniculum* Mich.

2° Il prend place dans une nouvelle famille, celle des Paraphylliidæ, caractérisée par :

Polypier simple. Reproduction ovipare. Muraille septothécale. Épithèque nulle. Exothèque peu abondante. Endothèque constituée par de minces traverses obliques dans toute l'étendue du lumen, sauf la région axiale. Septes à bord supérieur crénelé, non lamel-

(¹) *Pol. foss. des terr. paléoz.*, 1851, p. 45-48.

laires, discontinus, constitués de trabécules isolées ou soudées en faisceaux et épaissis par un dépôt latéral de stéréoplasme. Columelle fasciculaire à sommet papilleux.

Structures.	*Turbinolia corniculum* Mich. Cotype.	*Trochosmilia Faujasi* E. et H. Génotype.
Forme générale (1)	Simple, turbiné à l'apex (80°), puis trochoïde (35°)	Régulièrement trochoïde
Bord septal supérieur (2)	Dents larges, arrondies, inégales	Inerme
Faces latérales des septes	Granulations disposées en rangées subverticales aboutissant aux dents du bord supérieur	Nombreuses et grosses granulations en files plus ou moins régulières, subparallèles au bord supérieur
Muraille	Septothécale (par endroits subparathécale)	Septothécale
Épithèque (3)	Nulle	Nulle
Côtes (4)	Visibles sur toute la hauteur, épaisses, subégales, crénelées comme le bord supérieur	Visibles sur les deux tiers supérieur, obsolètes à la base, fines, peu inégales, bord tranchant plus ou moins granulé.
Exothèque (5)	Présente, irrégulièrement répartie	Nulle
Endothèque	Traverses minces, obliques, dans toute l'étendue du lumen, mais peu abondante.	Nulle dans la région supérieure du lumen et probablement aussi dans la partie inférieure.
Columelle (6)	Très forte, subfasciculaire à sommet papilleux (papilles très fines, très nombreuses)	Fasciculaire, constitués par des éléments tordus, plus ou moins soudés latéralement, alignés dans un seul plan.
Structure septale (7)	Septes discontinus, surtout les jeunes	Septes compacts
Microstructure	Stylophylloïde	Inconnue

(1) Simple, subpédicellé ou fixé par une large base. (2) Tranchant, inerme. (3) Nulle. (4) Simples granulées, fines, distinctes depuis la base. (5) Traverses abondantes. (6) Nulle. (7) Septes compacts.

3° *Trochosmilia Faujasi* se classe dans la famille des Parasmiliinæ; elle devient le type du g. *Edwardsosmilia* nov. gen.

4° Les espèces de *Trochosmilia* décrites dans son Histoire Naturelle par M. Edwards ou dans la Paléontologie française par de Fromentel, sont à répartir dans de nombreux autres genres.

5° La famille des Trochosmiliidæ Pourt., de laquelle on extrait le genre *Trochosmilia*, ne peut pas conserver son nom : nous proposerons celui de Meandriidæ.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations de la riboflavine, des acides nicotinique, pantothénique et ascorbique au cours de la croissance du Blé et du Pois.* Note de Mlle **Relda Cailleau**, Mme **Jeanne Lévy**, Mlle **Thérèse Terroine**, MM. **Jean Adrian** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Raoul Combes.

Après avoir suivi l'évolution de quelques vitamines au cours de la germination du Blé et du Pois, nous avons étendu ces recherches au cycle complet de ces deux végétaux. Ce travail n'a pas été poursuivi pour le but pratique de suivre l'accumulation des vitamines dans les parties comestibles. Il a pour objet de rechercher l'existence de corrélations ou de disharmonies dans la croissance chimique, et les résultats que nous apportons intéressent la plante entière. Les graphiques I et II représentent les variations de quatre vitamines au cours du développement. Ils traduisent les teneurs de la plante totale en fonction de son poids sec. Nous avons en outre indiqué approximativement l'état physiologique correspondant.

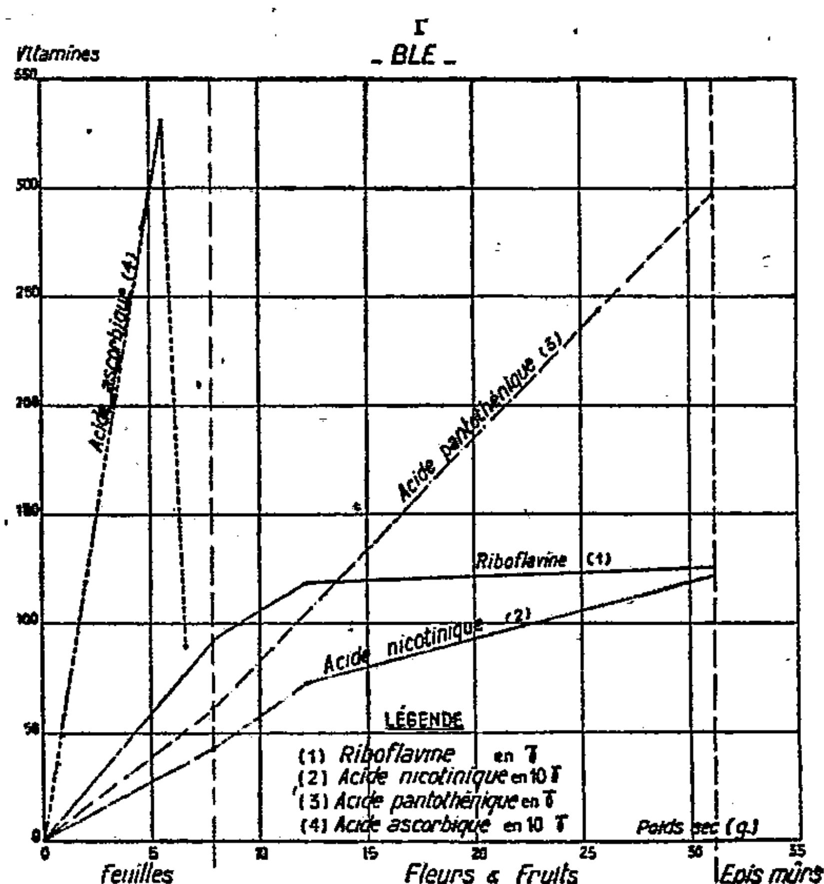


Fig. 1.

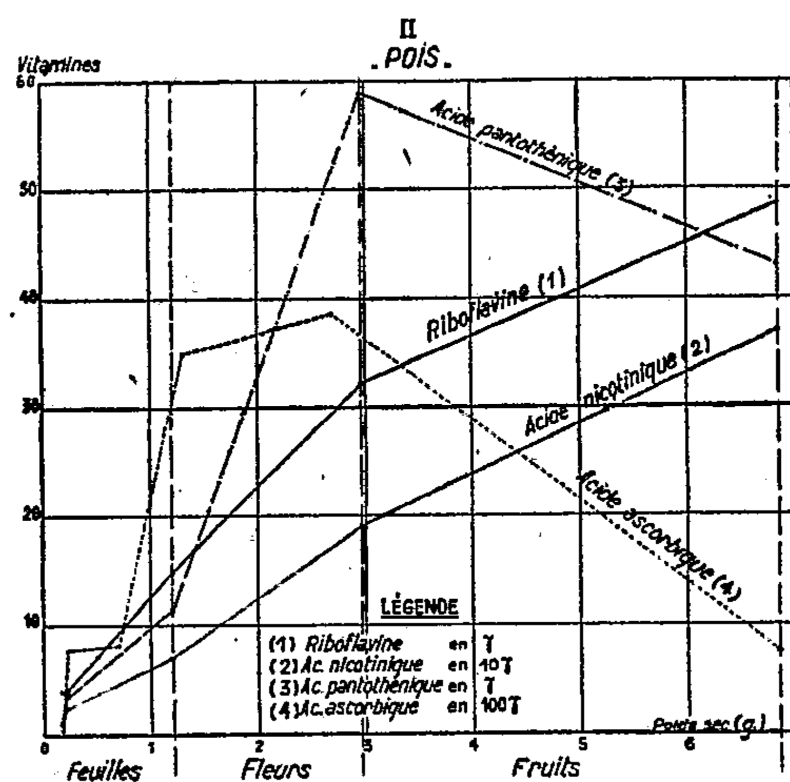


Fig. 2.

Chez le Blé : la riboflavine et l'acide nicotinique augmentent surtout pendant la croissance végétative, puis tendent à se stabiliser au cours de la fructification; l'acide pantothénique croît de façon régulière tout au long du développement; l'acide ascorbique après une montée considérable retombe à un taux très bas avant la floraison et par la suite décline encore.

Chez le Pois : la synthèse de riboflavine se fait moins intensivement après fructification; l'acide nicotinique augmente à peu près linéairement avec le poids sec; la formation des fruits entraîne la chute des acides pantothénique et ascorbique.

Ce mode de représentation montre déjà qu'il n'existe aucune corrélation obligatoire entre les synthèses vitaminiques et que dans l'ensemble celles-ci sont plus intenses avant la fructification. On arrive à mieux localiser les phases de synthèse les plus actives en calculant, non plus la quantité absolue de vitamines, mais leur pourcentage par rapport au poids. Les tableaux suivants indiquent, en fonction du stade de développement, les quantités de vitamines (en γ) par g/sec.

Blé.

		Acides		
Stades.	Riboflavine.	nicotinique.	pantothénique.	ascorbique.
1 feuille..........	5,52	110,5	25	1046
2 feuilles..........	8,44	–	17	2980
3-4 »	25,08	121	15	3460
5-6 »	11,8	55	8	597
Début floraison.......	9,66	60	5	137
Maturation du fruit...	4,02	39	9	0

Pois.

1re tige.............	5,68	71,4	26	213
6-8 feuilles..........	18,6	115,2	16	3750
Début floraison.......	12,5	69,5	10	9500
Début fructification...	10,8	64,4	20	2680
Maturation du fruit...	7,1	54,4	6	1370

On voit que les plus hauts pourcentages s'observent toujours avant qu'apparaissent les organes floraux.

En résumé, bien qu'il n'existe aucune corrélation entre les variations absolues des quatre vitamines étudiées, les teneurs les plus élevées par rapport au poids sec se manifestent toujours pendant le cycle végétatif.

Le maximum d'intensité des synthèses vitaminiques semble ainsi correspondre aux stades pendant lesquels la feuille élabore les principes immédiats qu'elle emmagasine provisoirement. Le taux vitaminique par gramme sec diminue par la suite lors des migrations intenses qui caractérisent la fin de la fécondation et s'abaisse à nouveau au cours de la maturation du fruit et de la formation des réserves.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Niobioxyfluorures d'alcaloïdes.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Poursuivant nos recherches sur les fluosels d'alcaloïdes (¹), nous avons préparé les niobioxyfluorures de la plupart des alcaloïdes précédemment

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 982-983 et p. 1402-1403.

utilisés et ceci par double décomposition entre une solution aqueuse de niobioxyfluorure de potassium ($NbOF_5K_2$, OH_2) et une combinaison soluble d'alcaloïde (chlorure ou sulfate). La concentration à froid conduit à isoler les niobioxyfluorures dont l'analyse est résumée dans les tableaux suivants :

	Formule (*).	Trouvé (%) OH₂.	Nb.	F.	B (**).
Quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	$A(B)_2$, $4OH_2$	7,92	10,00	10,10	70,53
Quinidine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	$A(B)_2$	0	10,94	11,05	75,38
Cinchonine $C_{19}H_{22}N_2O$	$A(B)_2$, OH_2	2,17	11,44	11,52	72,71
Cinchonidine $C_{19}H_{22}N_2O$	$A(B)_2$, OH_2	2,17	11,53	11,68	71,88
Strychnine $C_{21}H_{22}N_2O_2$	$A(B)_2$	0	10,51	10,64	76,01
Brucine $C_{23}H_{26}N_2O_4$	$A(B)_2$, $4OH_2$	6,82	8,68	8,82	73,70
Morphine $C_{17}H_{19}NO_3$	$A(B)_2$, $3OH_2$	6,46	11,14	11,61	68,02
Codéine $C_{18}H_{21}NO_3$	$A(B)_2$	0	11,67	11,92	74,89
Narcotine (***) $C_{22}H_{23}NO_7$	$A(B)_2$, OH_2	1,76	8,74	9,02	78,59
Thébaïne $C_{19}H_{21}NO_3$	$A(B)_2$, $5OH_2$	9,59	10,23	10,07	68,17
Corynanthine $C_{21}H_{26}N_2O_3$	$A(B)_2$, $4OH_2$	7,26	9,32	9,69	71,41
Corynanthéine $C_{22}H_{26}N_2O_3$	$A(B)_2$	0	10,00	10,24	78,59

(*) $A = NbOF_5H_2$;

(**) B = alcaloïde;

(***) Dans la Note sur les silicifluorures au lieu de C_{23}, lire C_{22}.

	Calculé (%) OH₂.	Nb.	F.	B.	[α]D (****).
Quinine	7,78	10,03	10,25	70,00	−189°
Quinidine	0	10,87	11,12	75,90	+230
Cinchonine	2,21	11,43	11,69	72,46	+153
Cinchonidine	2,21	11,43	11,69	72,46	−120
Strychnine	0	10,62	10,86	76,46	− 27
Brucine	6,76	8,71	8,90	73,94	− 24
Morphine	6,51	11,18	11,44	68,70	− 82
Codéine	0	11,55	11,80	74,42	− 94
Narcotine	1,71	8,84	9,04	78,70	+ 38
Thébaïne	9,79	10,11	10,34	67,81	−132
Corynanthine	7,14	9,42	9,63	71,98	− 68
Corynanthéine	0	9,90	10,12	78,06	+ 11

(****) Trouvé en solution aqueuse.

Le niobium a été dosé par transformation à l'état de O_5Nb_2, provenant de l'attaque sulfurique par chauffage d'abord modéré, puis au rouge naissant, puis addition de carbonate d'ammonium, chauffage modéré, enfin calcination au rouge cerise et pesée du résidu blanc à poids constant.

Le fluor a été déterminé à l'état de $FClPb$ par emploi de l'azotochlorure de plomb en milieu nitrique (rose à l'hélianthine). Après lavage du précipité recueilli, au moyen d'eau froide saturée de $FClPb$, on sèche et l'on pèse à poids constant.

L'eau correspond à la perte de poids, soit à l'étuve à 100-105°, soit dans le vide en présence de O_5P_2. Enfin l'alcaloïde a été pesé, après déplacement et extraction par un solvant organique approprié et évaporation de la solution alcaloïdique dans un cristallisoir taré jusqu'à poids constant.

Les niobioxyfluorures ici indiqués sont tous remarquablement cristallisés et se prêtent, comme les silicifluorures et les zirconifluorures, à l'identification microcristalline de chacun des alcaloïdes; citons en particulier le niobioxyfluorure de thébaïne donnant lieu à de magnifiques aiguilles prismatiques, et celui de morphine à des tables prismatiques denses.

En solution aqueuse ils subissent tous une hydrolyse progressive qui affecte d'incertitude la détermination du pouvoir rotatoire dans l'eau; cependant en opérant rapidement et à froid, ayant au préalable déterminé la saturation à 15°, nous avons pu obtenir les résultats donnés seulement à titre indicatif. Les concentrations utilisées sont comprises entre $0^g,5$ et $0^g,4$ pour 100^{cm^3}, sauf pour le niobioxyfluorure de quinine (0,21), de quinidine (0,30) et de corynanthéine (0,19).

Les niobioxyfluorures étudiés répondent à la formule générale $NbOF_5H_2$ (alcaloïde)$_2$, $n OH_2$, sauf ceux de quinidine, strychnine, codéine et corynanthéine qui sont anhydres. Seule, de tous les alcaloïdes envisagés, la codéine a toujours donné des combinaisons anhydres aussi bien avec SiF_6H_2 que ZrF_6H_2 et $NbOF_5H_2$. Il a été impossible d'isoler le niobioxyfluorure de spartéine dans les conditions précitées.

ENTOMOLOGIE. — *La ponte des ouvrières de la Fourmi-fileuse* (Œcophylla longinoda *Latr.*). Note de M. **André Ledoux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Souvent, dans les nids de la Fourmi-fileuse, on trouve des œufs et des jeunes larves élevées par de nombreuses ouvrières, en l'absence de toute femelle fondatrice.

Quelle est donc l'origine de ces œufs ? Dans des nids isolés sur des arbres, ou conservés au laboratoire, contenant exclusivement des ouvrières, on constate bientôt, quand la nourriture est suffisante, l'apparition d'œufs nombreux.

Les ouvrières sont donc responsables de cette ponte. La dissection de certaines d'entre elles montre, dans leurs ovaires bien développés, des ovules à différents stades d'évolution.

Les œufs ne sont pas tous semblables entre eux : à certaines époques, ils sont ovoïdes et ont $0^{mm},5$ à $0^{mm},6$ de long; à d'autres, tout en restant ovoïdes, ils sont beaucoup plus gros, ayant de 1^{mm} à $1^{mm},2$ de long.

L'étude de leur développement nous apprend que :

1° Les petits œufs donnent naissance, au bout d'une soixantaine de jours,

à des imagos d'*ouvrières* (à 29°C., il faut 58 jours pour obtenir une ouvrière du type *minor* et 62 pour une ouvrière du type *major*).

2° Les gros œufs livrent au bout d'une cinquantaine de jours des imagos *mâles*. La durée du développement dépend de la température de l'élevage, l'optimum se plaçant vers 28°.

3° A partir d'œufs, morphologiquement semblables aux petits, naissent de grosses larves qui, en 70 jours, se transforment en femelles. Ces larves apparaissent en petit nombre et, au laboratoire, leur élevage a échoué.

Le problème se pose de savoir si ces œufs sont fécondés ou parthénogénétiques.

L'absence de mâles, dans la plupart des nids observés et dans tous les nids mis en expérience, conduit à penser qu'ils sont parthénogénétiques. L'examen minutieux du contenu des voies génitales de très nombreuses ouvrières renforce cette idée car *aucun spermatozoïde* n'y a jamais été rencontré.

Il existe donc une *parthénogenèse deutérotoque* chez les ouvrières d'Œcophylles.

La possibilité de pondre pour de nombreuses ouvrières d'un même nid explique donc la pullulation des Œcophylles dans certaines plantations, pullulation que la fécondité des seules femelles fondatrices isolées ne saurait justifier.

Ce fait, déjà signalé par Bhattacharya (1) peut faire penser que ce mode de reproduction est le plus fréquent et le plus important.

On doit en outre se demander si la parthénogenèse deutérotoque peut se répéter indéfiniment et maintenir l'espèce sans qu'interviennent les essaimants ailés? Des expériences de longue durée, actuellement en cours, permettront de répondre à cette question.

Les faits exposés ci-dessus permettent de conclure :

1° que les ouvrières d'*Œcophylla longinoda* sont susceptibles de pondre et que leurs œufs se développent parthénogénétiquement;

2° qu'une première catégorie d'œufs, tous morphologiquement semblables et de petite tailles, donne naissance : soit à des ouvrières (*major* et *minor*) en grand nombre, ce qui contribue à augmenter considérablement la population des nids et à rendre possible la fondation de nouvelles colonies sans le secours des femelles ailées, soit à des femelles ailées;

3° qu'une seconde catégorie d'œufs, morphologiquement différents de la première, engendre des mâles.

(1) *Trans. Bose Res. Inst. Calcutta*, 15, 1942-1943.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Longueur d'onde de mise au point de l'œil.* Note (*) de M. ALEXANDRE IVANOFF, présentée par M. Jean Becquerel.

Étant donné le chromatisme de l'œil, on peut se demander sur quelle longueur d'onde l'œil se trouve au point lorsqu'il regarde une source ponctuelle blanche.

La solution de ce problème par le calcul est assez complexe, car interviennent simultanément la diffraction par la pupille, les aberrations chromatique et sphérique, et la courbe de visibilité. En négligeant l'aberration sphérique ([1]), Charles Lapicque ([2]) a trouvé que la longueur d'onde de mise au point de l'œil, en lumière blanche d'égale intensité énergétique et en vision diurne, était, pour un diamètre de la pupille d'entrée voisin de 5^{mm}, de l'ordre de 580 mμ ([3]). On pouvait donc admettre pratiquement une mise au point sur le doublet du sodium.

J'ai déterminé expérimentalement la longueur d'onde de mise au point de l'œil, en lumière blanche et en vision diurne, à l'aide d'un dispositif utilisant la lumière dirigée ([4]). La moitié supérieure de la lentille est éclairée à l'aide d'une plage blanche assez étendue pour que son image couvre largement la pupille de l'observateur, tandis que la moitié inférieure de la lentille est éclairée, par l'intermédiaire d'un miroir incliné à 45°, à l'aide d'une source ponctuelle monochromatique, de longueur d'onde réglable à volonté. Un fil vertical est tendu contre la lentille. Lorsque l'observateur déplace latéralement sa pupille, pour toute longueur d'onde de la source monochromatique autre que la longueur d'onde de mise au point de l'œil, la moitié inférieure du fil semble se déplacer latéralement par rapport à sa moitié supérieure (le point d'impact du pinceau monochromatique sur la rétine variant avec la distance de ce pinceau à l'axe de l'œil). En mettant devant l'œil un verre plus ou moins divergent, et en accommodant sur la moitié supérieure du fil, on peut effectuer la mesure pour divers états d'accommodation.

La figure représente la moyenne des résultats obtenus sur 9 yeux, avec la dispersion des mesures d'un observateur à un autre. En abscisse, l'état d'accommodation, en dioptries, et en ordonnée la longueur d'onde de mise au point correspondante.

(*) Séance du 21 mars 1949.

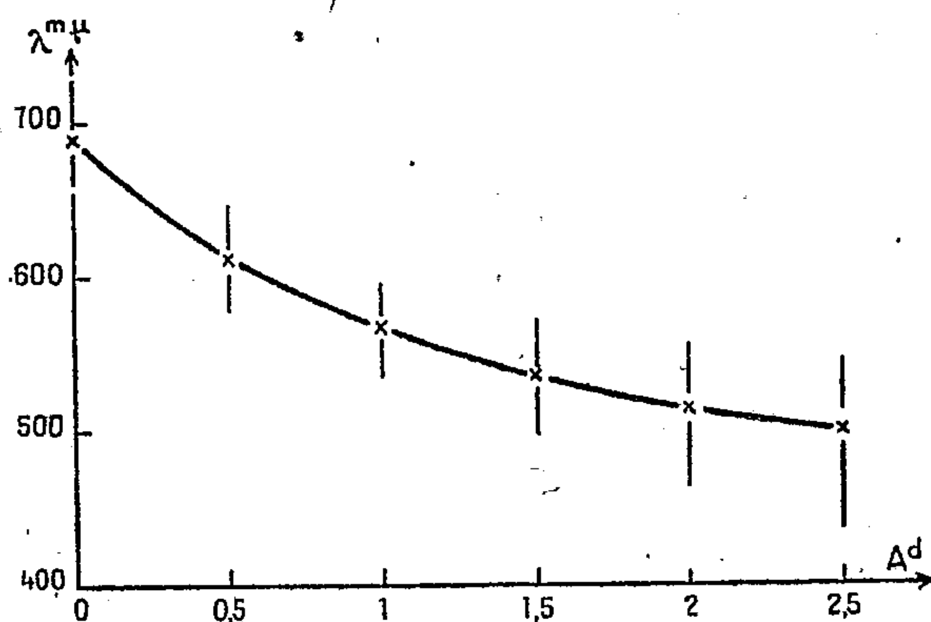
([1]) Ou tout au moins en adoptant la valeur beaucoup trop faible indiquée par Ames et Proctor.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1098.

([3]) Alors que la longueur d'onde de visibilité maxima est en moyenne de 555 mμ en vision diurne.

([4]) Le procédé de lumière dirigée consiste à recevoir sur la pupille de l'œil l'image qu'une lentille fournit d'une source lumineuse : toute la lentille apparaît alors éclairée.

Ces résultats peuvent être facilement interprétés. L'aberration sphérique de l'œil variant très fortement avec l'état d'accommodation ([5]), la longueur d'onde de mise au point, qui fait intervenir l'aberration sphérique, fait de même. La mise au point s'effectue sur le jaune pour environ une dioptrie d'accommodation, c'est-à-dire justement lorsque l'aberration sphérique de l'œil est négligeable, ainsi que le supposaient les calculs de Charles Lapicque.



Le déplacement de la longueur d'onde de mise au point de l'œil vers les courtes longueurs d'onde, durant l'accommodation, est un phénomène pratiquement très important, car, grâce à l'aberration chromatique de l'œil, il permet d'économiser notablement l'effort d'accommodation en lumière blanche. Pour 2,5 dioptries d'accommodation, la longueur d'onde de mise au point passe en moyenne de 700 mμ à 500 mμ, ce qui diminue de près d'une dioptrie l'effort d'accommodation à fournir.

BIOLOGIE. — *Sur la* régénération compensatrice *de l'opercule du Serpulide* Hydroides norvegica (*Gunn.*). Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Reprenant sur *Hydroides norvegica* (Gunn.), espèce abondante dans le Vieux Port de Marseille, l'étude du phénomène de *régénération compensatrice* découvert par Zeleny ([1]) et revu par Okada ([2]), j'ai recueilli diverses données qui m'ont conduit à une interprétation nouvelle de ce processus si singulier.

1° Le développement de l'opercule rudimentaire, déclenché à volonté par une intervention portant sur l'organe fonctionnel en position symétrique, peut aboutir à des structures assez variées, notamment à des opercules munis d'un seul verticille de dents (type *Serpula*), au lieu des deux verticilles superposés

([5]) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1027.

([1]) *Journ. Exp. Zool.*, 2, 1905.

([2]) *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, Plymouth, 18, 1933.

qui définissent le genre *Hydroides* à l'état adulte. Or, les opercules à un verticille sont obtenus avec une grande fréquence lorsque la tige sectionnée de l'opercule fonctionnel n'a pas subi d'autotomie dans les premiers jours qui suivent la section. (Ce défaut d'autotomie après section est la règle générale lorsque le ver est extrait de son tube.)

L'effet d'une intervention sur l'opercule fonctionnel ne consiste donc pas seulement en la suppression d'une simple inhibition de croissance : le mode d'intervention détermine le type de structure engendré par l'opercule rudimentaire.

2° En l'absence d'autotomie, l'opercule fonctionnel complètement développé paraît, au moins dans sa portion distale, incapable de régénérer ses parties amputées. Mais, dans un opercule fonctionnel encore jeune, la tige sectionnée non autotomisée est capable de se transformer par *morphallaxis* (métamorphose) en un opercule rudimentaire, susceptible de se développer ensuite en opercule fonctionnel.

Un opercule rudimentaire au repos ou en voie de transformation, sectionné dans sa tige, est également le siège d'une régénération par morphallaxis aboutissant à la constitution d'une ébauche operculaire complète.

Enfin, la régénération de l'opercule fonctionnel (remplacement de l'opercule fonctionnel par un opercule rudimentaire) après autotomie au niveau de la « suture » est, elle aussi, le résultat d'un processus de morphallaxis, qui s'accomplit *dans la base* même, en deçà du niveau de la suture.

Les deux opercules doivent donc être conçus comme des systèmes morphogénétiques capables de *régulation* dans leurs parties et s'étendant dans la base de l'appareil branchial.

3° Cependant, l'ablation du seul verticille supérieur de l'opercule fonctionnel n'est pas suivie de régénération et ne déclenche aucune réaction dans l'opercule rudimentaire opposé.

4° Pour mettre à l'épreuve la conclusion de Zeleny, selon laquelle celui des deux organes dont le développement est le plus précoce devient fonctionnel et inhibe l'autre qui évolue en opercule rudimentaire, j'ai sectionné dans sa tige l'opercule rudimentaire en développement à des époques variées après l'ablation de l'opercule fonctionnel. Si l'intervalle séparant les deux opérations n'excède pas trois jours (à 13°), l'ancien opercule rudimentaire conserve son avance et donne un opercule fonctionnel : il y a *inversion de l'asymétrie*. Si l'intervalle est plus grand, la régénération de l'opercule fonctionnel est en avance sur celle de l'opercule rudimentaire sectionné et il n'y a pas d'inversion. La conclusion de Zeleny est donc justifiée; mais le mécanisme de l'interaction entre les deux ébauches me semble devoir être précisé par la conception suivante :

Les deux opercules constituent deux *champs morphogénétiques* de même spécificité, en *contiguïté* par leur base dans un territoire de la partie médiane du

corps, pour la possession duquel s'exercerait une sorte de *compétition* entre les deux champs. Une amputation dans l'un des champs déclenche un processus de régulation qui le concentre en quelque sorte, réduit son rayon de dominance dans la base commune et permet ainsi au champ opposé de s'y étendre. Un nouvel équilibre de répartition du territoire médian entre les deux systèmes, *déterminé* au bout de quelques jours, règle leur mode de développement ultérieur. On voit que cette conception ne fait pas intervenir un prétendu pouvoir inhibiteur exercé à distance par l'opercule fonctionnel, mais un équilibre dynamique entre deux ébauches durant leur période de détermination, comparable à celui qui régit la polarité axiale et l'hétéromorphose polaire dans la régénération de nombreux Invertébrés.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la descendance d'un mâle polydactyle de Crapaud ordinaire* (Bufo bufo). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai tout récemment (1) signalé que la polydactylie des pattes postérieures, chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*), pouvait se transmettre à la manière d'un caractère mendélien : croisant un mâle polydactyle (six doigts) avec une femelle normale (cinq doigts), j'ai obtenu, en F_1, 50 % de produits à cinq doigts et 50 % de produits à six doigts, ce qui s'explique en admettant que le gène de polydactylie est dominant sur l'allèle normal, et que le mâle employé était hétérozygote pour ce gène. Mais un deuxième croisement du même type, réalisé avec d'autres sujets, m'a fourni des résultats tout différents. Dans ce cas, la F_1 tout entière s'est montrée normale quant au nombre des doigts (480 individus examinés) (2).

Il est permis de penser, ou bien que, chez le mâle en question, la polydactylie constituait un accident somatique non transmissible, ou bien que, chez le Crapaud, la polydactylie peut se présenter sous deux formes, l'une dominante, l'autre récessive (3). D'autres hypothèses pourraient d'ailleurs être faites, mais qu'il est inutile de développer, car, la génétique des Batraciens vient à peine de naître, et il importe surtout de recueillir des faits.

Toujours est-il que, dans la F_1 de ce deuxième croisement entre mâle polydactyle et femelle normale, plusieurs anomalies se sont manifestées, dont voici le détail :

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 778-779.

(2) La ponte, partiellement fécondée, avait donné 740 éclosions; la mortalité ayant été élevée parmi les jeunes larves, il n'en restait plus que 641 au bout d'un mois, 567 après trois mois. C'est à ce moment que les larves furent examinées.

(3) D'après Claussen (*Nord Médical*, 24 mai 1946), une certaine forme de polydactylie, dans l'espèce humaine, se transmettrait comme un caractère récessif; elle s'accompagnerait de malformations linguales. En général, chez l'homme comme chez les animaux, la polydactylie se transmet suivant le mode dominant.

1° 27 larves ont les narines très proches, contiguës, ou même *confluentes*. Quand l'anomalie est à son maximum, l'animal présente, au niveau des narines, une petite ouverture légèrement arquée, à convexité antérieure : on dirait une petite bouche supplémentaire. Ces larves, en général, sont vigoureuses; elles se développent régulièrement; leur taille est normale ou subnormale; rien n'indique, à l'âge de quatre mois, qu'elles doivent périr avant d'avoir terminé leur métamorphose.

Cependant, six larves à narines confluentes périrent dans les premières semaines qui suivirent l'éclosion; elles présentaient, outre l'anomalie des narines, une déformation très curieuse de la région buccale, qui s'allongeait en une *petite trompe*.

Deux larves à narines confluentes sont atteintes d'albinisme partiel; les yeux sont normalement pigmentés, mais le corps est de couleur très claire, jaune doré, par suite d'une contraction permanente des mélanophores. Il s'agit à peu près sûrement d'une déficience hypophysaire, plus ou moins analogue à celle qu'ont signalée A. Dalcq et A. Dollander chez un embryon cyclope de Triton (*Triturus helveticus*), obtenu expérimentalement par séparation des blastomères ventral et dorsal [4]. L'une des larves partiellement albiniques est frappée de nanisme ($1^{cm},2$ au lieu de $3^{cm},4$, taille des témoins), et ne présente même pas de bourgeons de pattes postérieures, alors que ces pattes sont complètement développées chez les témoins; l'autre larve, de taille subnormale, montre un sensible retard de développement [5].

2° Deux larves à narines normales, présentent un albinisme partiel, par contraction des mélanophores; elles sont de taille quasi normale, et à peine un peu retardées dans leur développement.

3° Quatre larves montrent une petite protubérance conique à l'extrémité du museau. Chez l'une d'elles, cette protubérance, translucide, porte à son extrémité des formations cornées, analogues à celles qui constituent la denture.

Il est, pour l'instant, impossible de dire s'il existe un lien entre ces anomalies et la polydactylie du parent paternel [6], ni de préciser les rapports des diverses anomalies entre elles; mais, étant donné le nombre relativement élevé des larves anormales (près de 5 %), l'on ne peut pas douter qu'il n'y ait eu, dans cette descendance, une perturbation de nature génétique.

Outre des anomalies bien caractérisées, cette descendance comportait, d'ailleurs, des larves naines, ou à développement très retardé (pattes non développées au bout de quatre mois), et aussi des larves présentant une déformation de l'opercule.

---

(4) *Sur les phénomènes de régulation chez le Triton après séparation des deux premiers blastomères et sur la disposition de la pellicule (coat) dans l'œuf fécondé et segmenté* (*C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1307).

(5) Ces 27 larves anormales (sauf les larves *à trompe*, reconnues plus précocement), et aussi les larves indiquées ci-dessous, ont été isolées au bout du premier mois, donc parmi 641 individus.

(6) D'après Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, il y aurait un lien entre la polydactylie et la cyclocéphalie : « On peut dire, avec toute assurance, les monstres cyclocéphaliens sexdigitaires, moins rares que ceux dont les doigts sont en nombre normal » (*Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux*. Paris, 1932, p. 410.)

Pour ce qui est des deux anomalies les plus frappantes (narines contiguës ou confluentes, albinisme partiel), je ne les ai, jusqu'ici, jamais observées dans la nature, ni chez les têtards, ni chez les adultes (milliers d'individus examinés). Elles paraissent, cependant, l'une et l'autre, compatibles avec une vie normale.

GÉNÉTIQUE. — *Effets de la polyploïdie chez un Nématode libre.* Note de M. **Victor Nigon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Une étude précédente ([1]) a montré que, chez un Nématode libre hermaphrodite, *Rhabditis elegans* Maupas, les cellules germinales peuvent, sous l'action de la chaleur, donner des gamètes dans lesquels les chromosomes sont en nombre supérieur au chiffre normal. Il en résulte l'apparition d'animaux, parfois intersexués, munis d'un stock chromosomique déséquilibré.

Durant un essai pratiqué en août 1948, des hermaphrodites adultes de cette espèce ont été soumis à une température de 25° C. pendant 24 heures. Dans la descendance des animaux ainsi traités apparut un hermaphrodite d'une fécondité faible : il fournit seulement 22 descendants, tous de grande taille. Un examen cytologique montra que ceux-ci étaient tétraploïdes, le nombre de leurs chromosomes s'élevant à 24. Cette souche s'est maintenue, par autofécondation, sous sa forme tétraploïde, à travers 36 générations et continue à se reproduire.

Par leurs traits anatomiques, les individus tétraploïdes diffèrent peu des diploïdes habituels. Cependant par la grande taille qu'ils atteignent dès leur maturité sexuelle, on distingue aisément les animaux tétraploïdes. Ceux-ci manifestèrent, durant leurs premières générations, une variabilité peu commune. Une proportion appréciable d'entre eux montrait alors une taille réduite ou une croissance ralentie, ou encore une mortalité larvaire importante. En outre, leur fécondité pouvait varier dans une large mesure, en restant toujours inférieure à la fertilité de la forme diploïde. Certains hermaphrodites fournissaient des descendances composées exclusivement d'hermaphrodites, d'autres donnaient une proportion importante de mâles. Par sélection, il a été possible d'isoler deux lignées à l'intérieur desquelles les caractères spécifiques sont désormais mieux fixés.

Dans une lignée thélygène, on trouve, en moyenne, 0,5 % de mâles seulement. Dans une lignée allélogène, par contre, les deux tiers des hermaphrodites donnent, par autofécondation, une descendance qui comporte une forte proportion de mâles : sur 165 hermaphrodites de cette lignée, 102 ont donné au total 706 mâles et 1212 hermaphrodites, soit 36,8 % de mâles. Les 63 autres ont donné 825 hermaphrodites et aucun mâle.

([1]) V. Nigon, *Les modalités de la reproduction et le déterminisme du sexe chez quelques Nématodes libres* (*Ann. sc. nat.*, 1949) (sous presse).

Enfin, cette souche a produit quelques animaux retournant à l'état diploïde. Ils se distinguent des tétraploïdes par leur aspect ramassé, par leurs dimensions, identiques à celles de la forme diploïde initiale, ainsi que par leur fécondité, inférieure toutefois à celle de la souche diploïde originelle. Dans une lignée de ce type sont apparus, en outre, des individus d'une taille très réduite, semblables, par leur aspect, au mutant *micro*, issu de *Rhabditis elegans brevis* [2]. Mais tandis que la forme *micro* se comporte, dans les croisements, comme un caractère monofactoriel récessif, la descendance des individus nains comprend, cette fois, une majorité d'animaux de taille normale accompagnée, irrégulièrement, d'individus plus petits ou nains : il n'a pas été possible, jusqu'à présent, d'isoler par sélection une forme naine stable.

Le tableau suivant contient les dimensions moyennes relevées sur des animaux parvenant à maturité sexuelle dans chacun des types suivants : dans la colonne 1, hermaphrodites de la forme diploïde originelle; 2, mâles de la forme diploïde initiale; 3, hermaphrodites de la lignée tétraploïde thélygène; 4, hermaphrodites de la lignée tétraploïde allélogène; 5, mâles de la lignée tétraploïde allélogène; 6, hermaphrodites d'une lignée diploïde par retour (forme normale); 7, hermaphrodites d'une lignée diploïde par retour (forme naine).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
L du corps.....	1300±150	1000±150	1560±100	1360±100	1150±100	1250±50	1025±50
l du corps.....	80±10	50±5	90±10	75±5	66±5	85±5	75±10
L œsophage....	190±20	170±5	235±15	230±10	205±10	175±5	160±10
l cav. bucc.....	4±0,5	3±0,5	5±0,5	5±0,5	4,5±0,5	4±0,5	4,5±0,5
L cav. bucc....	15±1	14±1	18±1	17±1	16±1	14±1	11±1
V............	51		51	50		52	53
L de la queue...	190±20		235±10	240±20		195±15	120±10
Vol des œufs...	0,043		0,062	0,055		0,041	0,036
O...........	6 à 10		4 à 10	5 à 10		5 à 10	2 à 10
Fécondité.....	260		21	17		83	
L des spicules..		37±2			42±2		

Abréviations. — L, longueurs en microns; *l* largeur; cav. bucc., cavité buccale; V, position de la vulve en % de la longueur du corps; Vol, volume exprimé en 10^{-3} mm^3; O, nombre d'œufs contenus dans les utérus.

Ainsi la production d'une forme tétraploïde, chromosomiquement équilibrée, a déterminé l'apparition d'une variabilité importante qui a continué à se manifester dans une lignée revenue à l'état diploïde. Certaines formes issues de cette variabilité ont pu être fixées par sélection, bien que d'une manière encore incomplète. Il apparaît désormais nécessaire d'analyser, à l'aide de croisements, les facteurs génétiques, qui sont intervenus dans les variations observées.

(2) V. Nigon et E. C. Dougherty, 1949. A mutant type of *Rhabditis elegans brevis*. *Genetics* (sous presse).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réactivation par la chaleur de la triosephosphate déshydrogénase*. Note de MM. **Louis Rapkine** (†), **David Shugar** et **Louis Siminovitch**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le phénomène que nous décrivons a été observé au cours d'une étude sur la cinétique de l'inactivation par la chaleur de la triosephosphate déshydrogénase (TPD), enzyme qui catalyse l'oxydation de l'aldéhyde phosphoglycérique en acide phosphoglycérique dans la dégradation des hydrates de carbone.

L'enzyme est préparé par la méthode de Cori et de ses collaborateurs [1] et recristallisé six fois. Les mesures d'activité se font en suivant la réduction du coenzyme au spectrophotomètre de Beckmann.

Une solution d'un enzyme, inactivé partiellement par séjour à 0° C. pendant plusieurs semaines, est portée à la température de la pièce. A ce moment un chauffage de la solution à une température voisine de 60° C. provoque une réac-

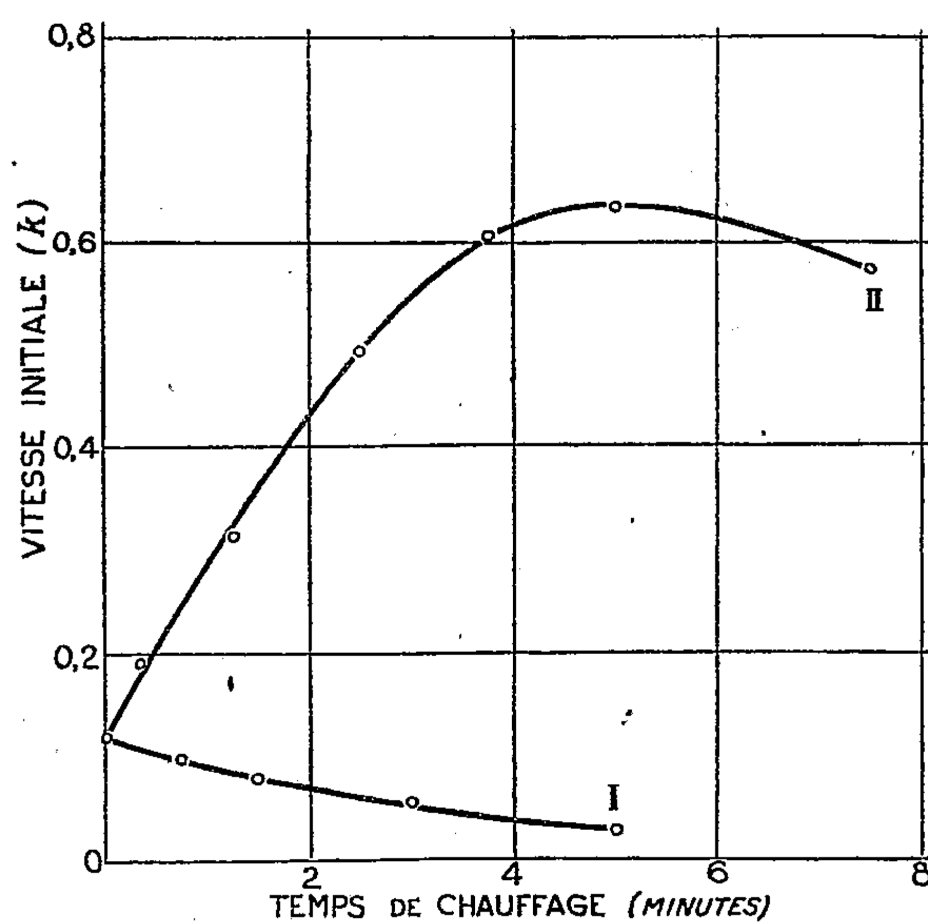


Fig. 1.

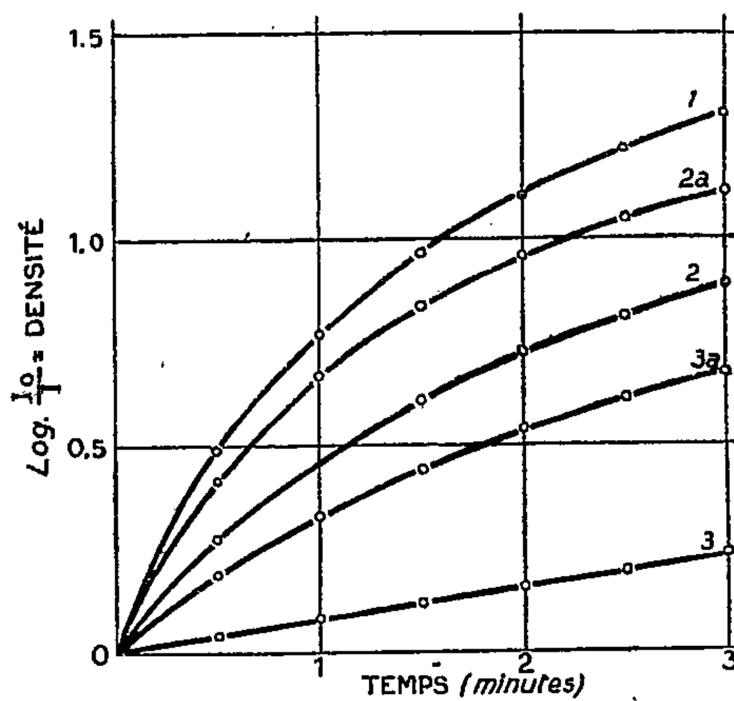


Fig. 2.

Fig. 1. — Activation en tampon phosphate pH 5,6 à 60° C.
(1) Inactivation d'un enzyme frais. (2) Activation d'un enzyme inactivé partiellement.

Fig. 2. — Marche de la réaction avant et après chauffage.

tivation partielle. Au contraire, un échantillon normal de TPD porté directement à 60° s'inactivera avec une constante de vitesse du premier ordre de

(1) G. T. Cori, M. W. Slein et C. F. Cori, *J. Biol. Chem.*, 173, 1948, p. 605.

0,18 min^{-1} (²). La figure 1 montre cette différence de comportement pour des solutions dans un tampon de phosphate à pH 5,6 et chauffées à 60° C. pendant des temps variables. L'activité enzymatique retrouvée après chauffage dépend du pourcentage d'inactivation préalable comme le montre le tableau 1.

TABLEAU I.

Activation par chauffage à 62°,5 C. pendant 2,5 minutes
(après perte d'activité en tampon phosphate 0,04 M pH 5,6).

Inactivation en tampon PO_4 (% d'activité originale).....	39	47	57	93
Activation (% d'augmentation)........................	11	16	16	500

La figure 2 montre la baisse d'activité enzymatique en tampon phosphate et sa réactivation par la chaleur. La courbe 1 représente la marche de la réaction quand l'enzyme est employé immédiatement après avoir été placé en milieu tamponné. La courbe 2 correspond à l'emploi de l'enzyme après quelques heures, et 2*a* après un chauffage de 2 minutes et demie à 62°,5 C. La courbe 3 correspond à un enzyme ayant subi une plus grande inactivation et 3*a* à cet enzyme après 2 minutes et demie de chauffage à 62°,5 C.

L'activation par la chaleur est fonction de l'activité résiduelle. Au cours d'une longue série d'expériences, il ne nous a pas été possible de réactiver un enzyme complètement inactivé ni d'activer une solution fraîche d'enzyme. L'activation par la chaleur est aussi fonction du temps et de la température. Une étude préliminaire de l'activation par la chaleur en fonction du temps dans un intervalle de température variant entre 55 et 62°,5 C. indique que l'énergie d'activation du processus total n'est pas constant.

Jusqu'à présent, ce phénomène a été observé sur trois préparations différentes d'enzyme, dans plusieurs tampons, avec ou sans antiseptiques, et à divers pH. Au cours de ces essais, nous avons observé en dehors de tout chauffage une activation à pH 6,0 en présence d'arséniate 0,04 M. Un chauffage à 60° C. produisait une nouvelle activation.

Nos résultats doivent être rapprochés de ceux décrits par Gabriel Bertrand et Michel Rosenblatt au sujet de la sucrase (³) et de ceux tous récents de Hofstee (⁴) à propos de l'uréase qui est aussi un enzyme à SH (⁵).

(²) Ces résultats seront publiés ultérieurement.

(³) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1455 et 1608; *Id.*, p. 1823.

(⁴) *J. Gen. Physiol.*, 32, 1949, 339.

(⁵) Le détail de nos expériences sera donné prochainement dans un mémoire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des propriétés antituberculeuses de l'oxyasiaticoside (Dérivé hydrosoluble de l'asiaticoside extrait de* Centella asiatica). Note (*) de M. **Pierre Boiteau**, Mlle **Marie Dureuil** et M. **Albert Rakoto-Ratsimamanga**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans des Notes antérieures, Buu-Hoï et A. Rakoto-Ratsimamanga (1) en étudiant les propriétés physiologiques des acides gras ramifiés dont la constitution se rapproche de celle de l'acide phtioïque, ont insisté sur le rôle essentiel que semblent jouer les fractions lipidiques des constituants du Bacille de Koch dans l'étude de la tuberculose. J. Paraf, Desbordes et Gagniant (2), en utilisant les mêmes corps ont réussi à provoquer des manifestations dermiques caractéristiques ressemblant à celles qu'on obtient avec la tuberculine.

A la suite de ces travaux, Buu-Hoï et A. Rakoto-Ratsimamanga (3) ont émis l'hypothèse que le problème de la tuberculose pouvait être, en grande partie, traité comme un problème des lipides hétérogènes créées par des corps étrangers au sein de l'organisme. Ces lipides inhiberaient l'action des systèmes diastasiques normaux. Cette hypothèse est renforcée par les recherches récentes de N. Haworth, P. W. Kent et M. Stacey (4) qui ont pu montrer que les fractions antigéniques les plus actives isolées du B. K. humain sont des lipides associés à l'acide désoxyribonucléique et à un polysaccharide spécifique. Dans ces conditions il est intéressant d'étudier sur le B. K. l'action de substances telles que les saponines qui, comme on le sait, agissent sur les lipides et retardent considérablement la multiplication du bacille en culture (5). Toutefois, l'expérimentation de tels corps *in vivo* était rendue impossible en raison de leur pouvoir hémolytique et de leur très forte toxicité.

Les recherches récentes de P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky (6) ont montré que l'asiaticoside est constitué par la combinaison de plusieurs molécules de sucres à un acide triterpénique, l'acide asiatique, dérivé de la β-amyrine et par conséquent très voisin des constituants essentiels de nombreuses saponines (7). Par ailleurs Grimes et Boiteau (8), en utilisant l'oxyasiaticoside contre la lèpre, ont montré l'absence de pouvoir hémolytique de ce corps et émis l'hypothèse qu'il agissait également sur la fraction lipidique du Bacille de Hansen. L'oxyasiaticoside a pour aglycone l'acide asiatique

(*) Séance du 21 mars 1949.

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943, p. 189-369.

(2) *Loc. cit.*, **138**, 1944, p. 175.

(3) *Loc. cit.*, **138**, 1944, p. 278.

(4) *Journ. Chem. Soc.*, 1948, p. 1220.

(5) R. Dostal, *Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol.*, **19**, 1916, p. 198.

(6) *Nature*, **163**, 1949, p. 258 et *VIIIe Congrès Chim. Biol. Paris*, 1948 (sous presse).

(7) C. R. Noller, *Ann. Rev. Biochem.*, **14**, 1945, p. 383.

(8) *Rapp. Ann. Parc Bot. et Zool. Tananarive*, 1944.

comme l'asiaticoside lui-même. Il nous a donc paru intéressant d'étudier s'il possède des propriétés antituberculeuses.

Mis à part les animaux utilisés aux expériences préliminaires comprenant 20 rats, 20 souris et 10 cobayes, nos résultats portent sur 20 cobayes de 400^g stabilisés et équilibrés tant au point de vue vitaminique qu'énergétique. Ils ont été inoculés, sous la cuisse gauche, de $0^{mg},0005$ environ d'une souche de B. K. connue et contrôlée afin de pouvoir provoquer une tuberculose atténuée. La moitié des animaux ont reçu à partir du 15e jour $0^{cm^3},5$ de solution aqueuse d'oxyasiaticoside à 4 %, deux fois par semaine (voie sous-cutanée). L'autre moitié sert de témoins. Témoins et traités ont été sacrifiés au bout de 68 jours.

Les animaux non traités ont tous présenté de nombreuses et grosses lésions (foie, rate, poumons et ganglions). Le foie et la rate sont fortement hypertrophiés et profondément altérés.

Chez ceux qui ont été traités, les lésions sont plus discrètes, les réactions ganglionnaires moins marquées. Au niveau de la zone d'injection de l'oxyasiaticoside, les tissus, après une période plus ou moins longue d'œdème, deviennent fibreux tandis que les masses ganglionnaires sont englobées dans des amas fibreux durs. Le foie et la rate conservent leur couleur et leur volume presque normaux avec des lésions très discrètes.

En estimant à 100 le maximum de lésions, voici, sous forme de tableau, les chiffres observés chez les animaux traités et non traités. Le volume de la rate de l'animal normal étant fixé à 1, l'augmentation de volume est indiquée par le chiffre indiqué.

	Animaux non-traités.	Animaux traités.	Normaux.
Foie	33	20	0
Poumons	60	30	0
Ganglions	43	16	0
Rate	83	33	0
Volume de la rate	5	2	1

Il y a lieu de signaler que l'oxyasiaticoside possède certaines propriétés bien connues des saponines (9) et peut provoquer des effets analogues : hémorragies, asthénie, etc., mais seulement à hautes doses. On sait (10) pour la githagine par exemple que les propriétés toxiques des saponines sont liées à leur action sur la surrénale.

In vitro, la solution d'oxyasiaticoside produit une nette inhibition de la croissance des cultures de B. K. après une première phase de développement normal ou parfois même légèrement accéléré, à partir d'une concentration de l'ordre de 0,015 mg/cm³.

La supériorité de l'oxyasiaticoside réside dans le fait que, malgré sa parenté

(9) Kofler, *Die Saponine*, Wien, 1927.

(10) Buu-Hoï, J. Janicaud et A. Rakoto-Ratsimamanga, *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 486.

chimique étroite avec certaines saponines, il existe une grande marge de sécurité entre la dose toxique et la dose antituberculeuse.

En résumé, il semble bien que l'oxyasiaticoside possède de réelles propriétés retardatrices sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du Cobaye ([11]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Désoxyribonucléoprotéines de tissus cancéreux (épithélioma atypique du Rat).* Note de Mmes **Yvonne Khouvine** et **Jana Grégoire**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons donné quelques résultats d'extraction et d'analyse des *désoxyribonucléoprotéines* de l'épithélioma atypique du Rat au Congrès international de Chimie de Londres (juillet 1947). Depuis, nous avons étudié une plus grande quantité de tissu et séparé des fractions d'assez grande pureté. Nos premières extractions étaient faites sur quelques tumeurs seulement et cela nous obligeait à conserver dans le vide, sur P_2O_5, la faible quantité des produits obtenus à chaque opération. Mais ces produits devenaient lentement insolubles et nous risquions d'étudier des substances n'ayant plus qu'un rapport lointain avec celles que contenaient les cellules. Aussi, avons-nous conservé à $-10°$ les tumeurs elles-mêmes, après avoir séparé le tissu nécrosé du tissu cancéreux, jusqu'à ce que nous en ayons une quantité suffisante.

Après avoir extrait les *ribonucléoprotéines* par NaCl 0,14 M ([1]), on traite les tissus, dans le Waring blendor, avec 1-2 fois leur poids de NaCl à 10 % (opérations faites à 0°). On centrifuge 1 heure à 4500 t/min et l'on verse la solution très visqueuse dans quatre fois son volume d'eau. On recueille un précipité de nucléoprotéines brutes qui, pour le tissu cancéreux, s'enroulent autour d'un agitateur recourbé. On lave avec un peu d'eau et l'on purifie par deux redissolutions dans NaCl à 10 % et précipitation par l'eau, puis par trois redissolutions dans l'eau et précipitation par NaCl (c. finale 2 %). Les liquides contenant NaCl à 2 % sont finalement précipités par l'alcool. Toutes les fractions ont été analysées; la plupart contiennent du phosphore.

Nous avons particulièrement étudié deux nucléoprotéines purifiées par les dissolutions successives ci-dessus et qui sont, finalement, solubles dans l'eau. L'une provient du tissu nécrosé, l'autre du tissu cancéreux.

La désoxyribonucléoprotéine du tissu nécrosé est assez soluble dans l'eau (8 ‰) et la solution reste limpide après une centrifugation d'une heure à 18000 t/min. On ne l'obtient jamais, même à la première précipitation, en longues fibres. Elle dépose lentement, ne peut être séparée que par centrifugation, et quelquefois même, qu'après addition d'alcool. Elle contient 4,07 %

([11]) Nos résultats sont confirmés par les recherches récentes de P. Boiteau et R. Saracino (*Le Médecin Français*, 1948, 10 octobre) sur la tuberculose externe humaine (Lupus).

([1]) Mme Yvonne Khouvine et Mlle Marie-Louise Levy, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 870.

de P, 15,45 % de N, soit N/P = 3,8. L'électrophorèse à pH 6,2 dans PO_4Na_2HM/80+PO_4K_2HM/80, avec l'appareil de Tiselius, montre qu'elle est homogène à 5-10 % près. Aussi avons-nous essayé de séparer l'acide de la protéine.

On ajoute, à la solution aqueuse de nucléoprotéine, HCl jusqu'à ce que la concentration finale en HCl soit 0,2 N. On épuise le précipité deux fois par HCl 0,2 N et les liquides acides sont réunis et additionnés de NaOH jusqu'à pH 11. On redissout deux fois dans HCl 0,2 N en reprécipitant à pH 9,5. La protéine obtenue, séchée à l'alcool et à l'éther, contient 15,0 % d'azote et ne contient plus de phosphore.

Le résidu de l'extraction par HCl est traité par la méthode de Sevag-Mirsky (solution dans NaCl 10 % + NaOH à pH 9-10) en agitant 1/4 d'heure avec l'appareil à broyage de bactéries. A la troisième agitation, le gel chloroformique est négligeable. On sépare la protéine du gel par l'alcool. Elle contient encore 3 % de phosphore et ne contient que 9,2 % d'azote. La solution alcaline est additionnée de HCl et d'alcool. Il se forme de fines gouttelettes qui rendent la solution trouble. On les sépare en centrifugeant à 18000 tours-minute, on lave et l'on sèche. Le précipité est de l'*acide désoxyribonucléique* très pur : P = 9,0 %, N = 16,7 %, soit N/P = 1,67, N purique = 9,8. Avec 106^g de tissu nécrosé frais, nous avons obtenu 385^{mg} de nucléoprotéine purifiée et, à partir de celle-ci, 43^{mg} de protéine soluble dans HCl 0,2 N, 34^{mg},8 de protéine impure (par la méthode de Sevag) et 55^{mg} d'acide désoxyribonucléique à 92 % d'acide pur.

Les protéines ont été hydrolysées par HCl 6 N au bain-marie bouillant, en tube scellé. Par chromatographie sur papier nous avons mis en évidence des acides aspartique et glutamique, de l'alanine, de la sérine, du glycocolle, de la leucine, de la théonine, de la valine, de l'arginine (environ 10 %). Dans l'hydrolysat alcalin, nous avons recherché la tyrosine et le tryptophane. La réaction du tryptophane est négative, celle de la tyrosine positive.

La désoxyribonucléoprotéine du tissu cancéreux a une faible solubilité dans l'eau. Si l'on dépasse 2,3 ‰, il se forme un dépôt par centrifugation à 16000 t/min. Si l'on ne dépasse pas 2,3 ‰, la solution reste limpide, même après une heure de centrifugation à 18000 t/min, mais la concentration est alors trop faible pour qu'on ait une image nette avec l'appareil de Tiselius. En outre, à ce degré de purification, la nucléoprotéine ne précipite plus en longues fibres. Elle contient 3,04 % de P, 16,85 % de N, soit N/P 5,55 et l'acide désoxyribonucléique correspond au phosphore. Nous avons traité cette nucléoprotéine comme celle du tissu nécrosé, mais nous en avons obtenu trop peu pour faire toutes les analyses. 226^g de tissu cancéreux nous ont donné 83^{mg} de nucléoprotéine purifiée, 5^{mg} de protéine soluble dans HCl 0,2 N, 2^{mg} de protéine par la méthode de Sevag et 4^{mg} d'acide désoxyribonucléique.

Les premières analyses chromatographiques sur papier sont très voisines de celles des hydrolysats des protéines du tissu nécrosé.

En résumé, nous avons extrait deux désoxyribonucléoprotéines qui, à la solubilité près, paraissent les mêmes. Peut-être proviennent-elles toutes les deux du tissu nécrosé, car il est difficile de bien séparer le tissu nécrosé du tissu cancéreux non nécrosé. Les protéines solubles dans HCl 0,2 N ne sont pas très riches en acides aminés basiques et, contrairement aux histones les mieux connues, elles renferment un grand nombre d'acides aminés. Quant à la protéine du gel chloroformique, il n'est pas encore certain qu'elle diffère de la protéine soluble dans HCl, bien que nous n'ayons pu l'extraire par ce solvant. Enfin, les taux de P, N et désoxyribose de l'acide désoxyribonucléique sont presque théoriques; N purique seul est un peu faible (environ de 10 %). Bien que ces résultats rapprochent cet acide de celui du thymus de Veau, il peut en différer par le mode et le degré de polymérisation.

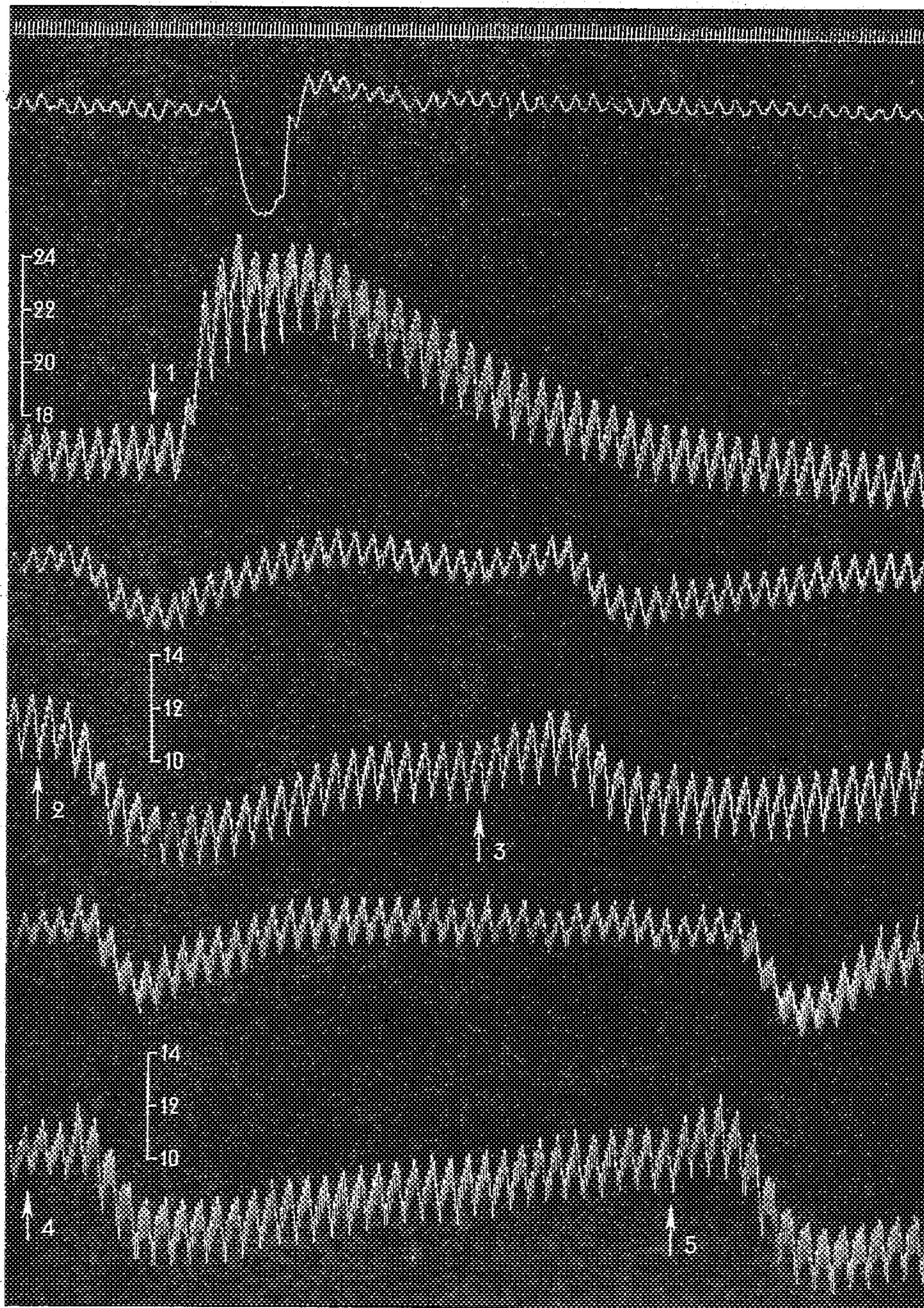
PHARMACODYNAMIE. — *Sur quelques propriétés pharmacologiques du tartrate de corynanthéine*. Note de M. RAYMOND-HAMET, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant constaté que le pouvoir rotatoire du chlorhydrate de corynanthéine, même quand on le prépare à partir de la base cristallisée purissime, est ou devient plus ou moins fortement inférieur à ce qu'il devrait être, nous avons été amené à étudier l'action pharmacologique d'un sel organique de corynanthéine dans lequel cette base ne peut pas être altérée par l'acide, tant lors de sa préparation que pendant sa conservation. Les expériences que nous avons pratiquées nous ont montré que la corynanthéine pure est douée d'une activité hypotensive et vaso-dilatatrice ainsi que d'un pouvoir sympathicolytique majeur c'est-à-dire entraînant l'inversion de l'action hypertensive de l'adrénaline. Une de ces expériences a fourni le tracé qui accompagne cette Note.

Au début de cette expérience, on enregistre, à la suite de l'injection de $0^{mg},005$ de bitartrate d'adrénaline, d'une part une hausse de la pression carotidienne qui porte celle-ci de 176 à 249, 242 et 246^{mm} de Hg, d'autre part une vaso-constriction rénale très marquée se traduisant à la fois par une inflexion de l'oncogramme atteignant 16^{mm} de profondeur et $22^{mm},5$ de largeur et par une abolition presque totale du pouls.

Après injection de 2^{mg} de tartrate de corynanthéine par kilogramme, la pression carotidienne s'abaisse progressivement de 125 à 83^{mm} de Hg, puis remonte peu à peu jusqu'à 108^{mm} de Hg, et se maintient pendant quelque temps à ce niveau. Le volume du rein diminue en même temps que la pression s'abaisse et augmente alors qu'elle remonte, mais, cependant que cette pression reste très nettement au dessous de son niveau antérieur, il dépasse ce qu'il était initialement puis redevient à peu près tel qu'il était alors; cette expansion du rein traduit, comme le renforcement du pouls de cet organe, une vaso-dilatation de cet organe.

Injectant ensuite $0^{mg},005$ de bitartrate d'adrénaline, on constate que la



Expérience du 9 décembre 1948. Chien ratier à poil ras, de $6^{kg},5$ anesthésié par le chloralose (13^{cg} par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e, 4e et 6e lignes : oncogramme; 3e, 5e et 7e lignes : tensiogramme. Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène en 1, 3 et 4, $0^{mg},005$ de bitartrate d'adrénaliue de Hœchst; en 5, $0^{mg},01$ de ce même bitartrate; en 2, $13^{mg},5$ de tartrate de corynanthéine pure. Entre la fin du deuxième tracé (5e et 6e lignes) et le début du troisième (7e et 8e lignes), l'animal a reçu une injection de 27^{mg} de tartrate de corynanthéine. Tracés réduits de 30 %.

pression carotidienne s'élève de 108 à 120^{mm}, puis s'abaisse peu à peu jusqu'à 95^{mm} de Hg, enfin revient progressivement à son niveau initial, d'autre part que le volume du rein subit des modifications parallèles à celles de la pression et que le pouls rénal ne montre plus aucune variation appréciable.

Après que l'animal a reçu une nouvelle dose de tartrate de corynanthéine, celle-ci de 4 mg/kg, l'injection de 0^{mg},005 de bitartrate d'adrénaline est suivie d'une hausse initiale très passagère de la pression carotidienne qui la porte de 112 à 121, puis d'une baisse qui l'amène à 85^{mm}. Ici le volume du rein diminue en même temps que la pression s'abaisse et augmente alors qu'elle s'élève, mais cette augmentation est plus rapide que celle de la pression, de telle sorte que le volume du rein dépasse ce qu'il était initialement alors que la pression n'est pas encore revenue à son niveau antérieur. Cette dilatation rénale traduit, comme le renfoncement marqué de pouls, une dilatation de cet organe.

Après injection de 0^{mg},01 de bitartrate d'adrénaline, la pression s'élève de 114 à 128, puis s'abaisse à 76^{mm} et remonte peu à peu au voisinage de son niveau antérieur. Ici aussi le rein revient très rapidement à son niveau initial qu'il dépasse alors que la pression reste longtemps au-dessous de son niveau antérieur.

BACTÉRIOLOGIE. — *Conditions et nature de la transformation muqueuse de* Phytomonas (Bacterium) Tumefaciens. Note de M. **Boris Rybák**, présentée par M. Joseph Magrou.

On a décrit précédemment (¹) la transformation Smooth (S) → Muqueux (M) de la souche « 42/4 » de *P. tumefaciens* par culture sur *milieu sensible* [gélose à base d'extrait aqueux de tumeurs (Crown gall) du *Pelargonium zonale*]. La transformation inverse M → S était facilement obtenue par culture des formes M sur gélose à base de bouillon de bœuf.

Après de nombreux essais effectués par éliminations successives des constituants des milieux sensibles, nous avons finalement pu obtenir la transformation M par culture pendant 48 heures à 37° C. de formes S lavées à l'eau physiologique sur un *milieu renfermant uniquement de la gélose lavée* (P : 0; N : au maximum 0,5 % ; cendres : au maximum 0,15 %) à 20 g/l *et une des substances suivantes* (à raison de 15 g/l d'eau bidistillée) : *mannitol, arabinose, glucose, lévulose, galactose, lactose, saccharose, maltose purifié, raffinose* (²). La transformation n'a pu être obtenue sur gélose lavée seule ou renfermant de l'acide ribonucléique de levure (pH 7,0), du citrate de sodium, du succinate de sodium, de la *d*-glucosamine-HCl, du glycogène ou de l'amidon seuls ou additionnés d'orthophosphate de sodium N/100, ce sel ne paraît pas d'ailleurs

(¹) *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 1015.

(²) De façon à éviter au mieux les contaminations toujours possibles par certains produits se trouvant dans le coton cardé qui sert à boucher les tubes, nous avons préalablement passé ce coton au four Pasteur à 180° C.

gêner la transformation. Nous avons isolé des formes M [3] un polysaccharide hydrosoluble, précipitable par deux volumes d'éthanol à 96° (fraction *gomme*), puis par quatre volumes d'éthanol à 96° (fraction *polysaccharide* M), réduisant la liqueur de Fehling après 2 heures d'hydrolyse au bain-marie bouillant en présence d'HCl N, ce polysaccharide ne donne pas de coloration bleue à l'iode; signalons à ce sujet que la réaction à l'iode n'est pas spécifique de l'amidon : les mucilages de galactanes la donnent également avec plus ou moins d'intensité.

La synthèse du polysaccharide a pu être obtenue (toujours avec des bactéries *lavées*) sur une gélose lavée renfermant du glucose à la concentration de 10^{-5} g/l; soulignons que cette synthèse liée à la transformation muqueuse s'effectue en l'absence de phosphore; il nous paraît donc probable qu'elle est sous la dépendance d'un système transglycosidasique. La question de l'intervention de la gélose (galactane) dans le phénomène est à l'étude, de même que celle de l'identité probable de notre polysaccharide avec le glucosane extrait par Mc Intire, Peterson et Riker [4] de la souche « A 6 » de *P. tumefaciens*; ces auteurs, ayant travaillé en milieu liquide, n'ont pu d'ailleurs établir la relation existant entre l'apparition du polysaccharide et la transformation morphologique des colonies de *P. tumefaciens*.

Par des étalements sur boîtes de Petri (suspensions très diluées à nombre de germes connu) on a obtenu 100 % de moyenne de formes M sur gélose glucosée (30 g/l) et 100 % de moyenne de formes S sur gélose à base de bouillon de bœuf (cultures de 96 heures à 37° C.). Toutes les colonies M restaient M par repiquage sur gélose glucosée et redevenaient S par repiquage sur milieu au bouillon de bœuf; de même toutes les colonies S repiquées sur gélose glucosée devenaient M alors que, repiquées sur gélose au bouillon de bœuf, elles restaient S. Le Dr de Fonbrune a eu la grande obligeance de nous isoler au micromanipulateur plusieurs bactéries d'aspect très différent tant à partir des formes S que des formes M de « 42/4 »; les souches ainsi obtenues ont donné des colonies S sur gélose au bouillon de bœuf et M sur milieu sensible ou sur gélose glucosée. Nous pensons que le phénomène de modification muqueuse de bactéries doit être considéré comme une *variation* et non comme une mutation ou une sélection de mutants, bien qu'on puisse considérer que le nombre des isolements au micromanipulateur (une douzaine) est négligeable au regard du nombre des bactéries contenues dans les colonies-mères et qu'il reste évidemment toujours plausible que des mutations se soient produites au cours de culture des souches « *pures* ».

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 15m. L. B.

---

(3) Formes obtenues à partir de cultures sur gélose lavée glucosée; soulignons que ce glucose est exempt de toute trace de phosphore et d'azote.

(4) *Journ. Biol. Chem.*, 143, 1942, p. 491.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AVRIL 1949.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI VILLAT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur une particularité des courants de la Manche.* Note de M. **Donatien Cot.**

On admet généralement que, dans le cas d'une marée semi-diurne, comme celle qui se manifeste sur les côtes Ouest de la France, la vitesse maxima du courant, de même que la surélévation, est proportionnelle au coefficient C de la marée, donné dans les annuaires pour le demi-jour considéré. Cependant, il résulte des observations effectuées en 1921-1922 au large de Cherbourg sous la direction de M. A. Courtier ([1]) que la vitesse maxima est, dans cette région, proportionnelle à $\sqrt{C}$, alors que l'amplitude est proportionnelle à C. Je me propose de montrer que la théorie permet de donner une interprétation de cette particularité, contrairement à ce que l'on a supposé jusqu'ici.

Dans l'amphidromie virtuelle de la Manche ([2]), le rapport du module $|\dot{u}|$ de la vitesse du courant de marée à celui $|\zeta|$ de la surélévation a pour expression, sur la droite $x = x_0$,

$$k = \frac{g}{c}\left(\frac{\operatorname{ch}\frac{4\omega y}{c} + \cos\frac{2\mu x_0}{c}}{\operatorname{ch}\frac{4\omega y}{c} - \cos\frac{2\mu x_0}{c}}\right)^{\frac{1}{2}}, \tag{1}$$

la position du point étant rapportée à un système d'axes rectangulaires ayant pour origine le point amphidromique A situé dans le Sud-Est de Bristol, l'axe des x étant l'axe de symétrie cotidale orienté vers Londres et la partie positive de l'axe des y étant dirigée vers le Nord de l'Angleterre.

Sous cette forme, k paraît ne dépendre que de la position du point et non de

---

([1]) Cf. *Annales hydrographiques*, vol. de 1923-1924.

([2]) *Cf.* E. Fichot, *Annales du Bureau des Longitudes*, vol. 12, Chap. V (en cours de publication, tirage à part de 1941).

l'amplitude. Il s'ensuivrait que $|\dot{u}|$ serait proportionnel à $|\zeta|$ et l'on a pu en conclure que l'intensité du courant dans la Manche est approximativement proportionnelle au coefficient de la marée. Mais il y a lieu de noter que, si l'accélération g de la pesanteur, la célérité c des deux ondes antagonistes de période commune $2\pi/\mu$, le produit ω de la vitesse angulaire de la rotation terrestre par le sinus de la latitude, ainsi que l'abscisse x_0 du point, sont des quantités que l'on peut considérer comme constantes, l'ordonnée y éprouve des variations lorsque le rapport ρ, inférieur à 1, des amplitudes des deux ondes sur l'axe médian, se modifie. L'axe des x reste, il est vrai, parallèle aux rives du canal schématique, mais sa distance à l'axe médian est fonction du rapport ρ, dont on ne saurait admettre l'invariabilité d'un jour à l'autre, en raison de l'amortissement dû aux frottements, lesquels dépendent de la vitesse des eaux et, par suite, de l'amplitude. Sans action notable dans le cas des marées océaniques, l'influence des frottements ne peut pas être négligée dans les mers étroites et peu profondes, où leur importance est augmentée par la configuration irrégulière du canal, comme c'est le cas pour la Manche.

L'ordonnée de l'axe médian ayant pour expression $(c/4\omega)\log_e\rho$, l'ordonnée variable y du point d'observation sera donnée par

$$y = y_0 + \frac{c}{4\omega}\log_e\frac{\rho}{\rho_0}, \tag{2}$$

d'où l'on tire

$$\frac{\rho}{\rho_0} = e^{\frac{4\omega}{c}(y-y_0)}, \tag{3}$$

y_0 et ρ_0 désignant les valeurs de y et ρ correspondant à une valeur convenablement choisie C_0 du coefficient, qui pourra être prise, par exemple, égale à l'unité (ou 100 centièmes dans la phraséologie maritime).

L'équation (1) permet de calculer numériquement k si l'on connaît y. Inversement on pourra, à partir des valeurs de k fournies par l'observation, calculer y d'après (1), que l'on peut écrire

$$\coth\frac{2\omega y}{c} = \left(\frac{\dfrac{k^2c^2}{g^2} - \operatorname{tg}^2\dfrac{\mu x_0}{c}}{1 - \dfrac{k^2c^2}{g^2}\operatorname{tg}^2\dfrac{\mu x_0}{c}}\right)^{\frac{1}{2}}. \tag{4}$$

ρ/ρ_0 s'obtiendra ensuite à l'aide de (3).

Par suite de la situation géographique de Cherbourg qui se trouve sensiblement sur Ay', partie négative de l'axe des y, l'équation (1) où l'on fait $x_0 = 0$ se simplifie et s'écrit, en considérant que k est une quantité positive

$$k = -\frac{g}{c}\coth\frac{2\omega y}{c}. \tag{5}$$

De (3) et de (5), on déduit

$$\frac{\rho}{\rho_0} = b_0\frac{1-\alpha}{1+\alpha}, \tag{6}$$

en posant

$$\alpha = \frac{g}{ck} \quad \text{et} \quad b_0 = e^{-\frac{4\omega}{c}y_0} = \frac{1+\alpha_0}{1-\alpha_0},$$

k_0 et α_0 désignant les valeurs de k et α pour $C = C_0$.

Les observations de 1921-1922 ont montré que, au point où ont été faites les mesures, à 3 milles nautiques au large de Cherbourg,

$$k = \frac{k_0}{\sqrt{C}}. \tag{7}$$

On a donc, d'après (6) :

$$\frac{\rho}{\rho_0} = b_0 \frac{1 - \alpha_0\sqrt{C}}{1 + \alpha_0\sqrt{C}}. \tag{8}$$

Les résultats des mêmes observations nous ont permis de calculer la valeur numérique de k_0 qui est : $0{,}58794\,\text{sec}^{-1}$, ainsi que, d'après (7), celles de k pour les valeurs de C relatives aux diverses marées observées. On a adopté $2^{m},80$ pour la surélévation dans une marée de coefficient 1,00.

En possession des valeurs de k, on a calculé les valeurs correspondantes de y d'après la relation (5). Il résulte de ces calculs [3] que, dans l'intervalle $C = 0{,}52$ à $C = 1{,}00$, l'axe cotidal se déplace, en moyenne, d'environ 1550^{m} vers le Sud, lorsque le coefficient de marée diminue de 0,01. Les variations de l'ordonnée y du point d'observation sont donc importantes, bien que le rapport $\frac{\rho}{\rho_0}$ qui est égal à l'unité pour $C = 1{,}00$ et dont la valeur calculée est de 2,16 pour $C = 0{,}52$ ne varie, dans le même intervalle, que de 0,024 en moyenne, pour une variation de C égale à 0,01.

Le rapport des amplitudes sur l'axe médian augmente quand le coefficient de marée décroît. L'onde venant de la Mer du Nord, qui est la plus faible, serait donc relativement moins affaiblie que l'onde venant de l'Océan, lorsque la marée résultante diminue d'importance. Ce fait pourrait être vraisemblablement attribué aux déperditions de l'énergie qui se produisent dans les zones littorales et fluviales d'une grande étendue, recouvertes par la marée montante.

Les résultats numériques indiqués dans cette Note ont été obtenus en supposant que la marée, au voisinage de Cherbourg, est due à la superposition de deux ondes de Kelvin antagonistes. Il est à craindre que le mouvement des eaux dans cette région (la seule où des mesures précises de courant aient été effectuées et publiées en France, à notre connaissance) ne soit troublé par des phénomènes secondaires dus au saillant constitué par la presqu'île du Cotentin. L'existence de ces derniers peut être mise en évidence grâce à la position

[3] Pour les valeurs des constantes, *cf.* notre Note insérée aux *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1061-1062.

approximative de l'axe cotidal donnée par E. Fichot (⁴); on trouve ainsi que l'ordonnée du point P est -162000^m. On en déduit, par la relation (5), la valeur 0,61 pour le rapport k. On peut également calculer ce rapport d'après son expression (7) en y faisant $C = 0,94$ qui est le coefficient des marées de vive-eau moyenne, pour lesquelles ont été tracées les lignes cotidales ayant servi à la détermination graphique de l'axe. On trouve ainsi 0,66. L'écart entre ces deux valeurs de k étant assez faible, on peut en conclure que les phénomènes secondaires n'ont qu'une importance réduite à 3 milles au large de Cherbourg.

Il semble donc démontré que la prise en considération des résistances dues au frottement permet de faire disparaître l'anomalie que présentait la théorie amphidromique, en ce qui concerne la variation du rapport k selon le coefficient de la marée, dans la partie centrale de la Manche.

BOTANIQUE. — *La Cymbalaire de Touton est probablement une virose ou une bactériose.* Note de M. **Auguste Chevalier** [1].

Il n'y a guère de doute aujourd'hui que *Cymbalaria Toutoni* constitue une phytovirose de *C. muralis typica*. D'après Henry Séverin [2], l'Épinard en Californie est atteint par la Mosaïque de la Betterave et aussi par deux Mosaïques du Concombre et les feuilles des plantes virosées portent aussi des laciniures.

Dans sa nomenclature des viroses, F. O. Holmès [3] nomme la Mosaïque du Concombre *Marmor cucumeris* et celle de la Betterave *Marmor betæ* H. La virose des Cymbalaires appartient vraisemblablement au groupe des *Marmor*. Jusqu'à plus ample information nous en ferons le genre nouveau *Lacinia*, avec l'unique espèce *L. Toutoni* Chev. [4].

Nous en poursuivons l'étude, mais nous avons déjà fait à son sujet des constatations intéressantes.

Nos cultures de laboratoire ont été envahies pendant l'hiver par un petit diptère : *Sciara vitripennis* Meigen (détermination de Séguy); cette petite mouche pond ses œufs dans la terre riche en humus et les mouches adultes se tiennent particulièrement sur les pousses et feuilles des Cymbalaires Toutoni, n'allant que rarement sur *C. muralis* cultivé à côté.

(⁴) *Cf.* E. Fichot, *ibid.*, planche 3.

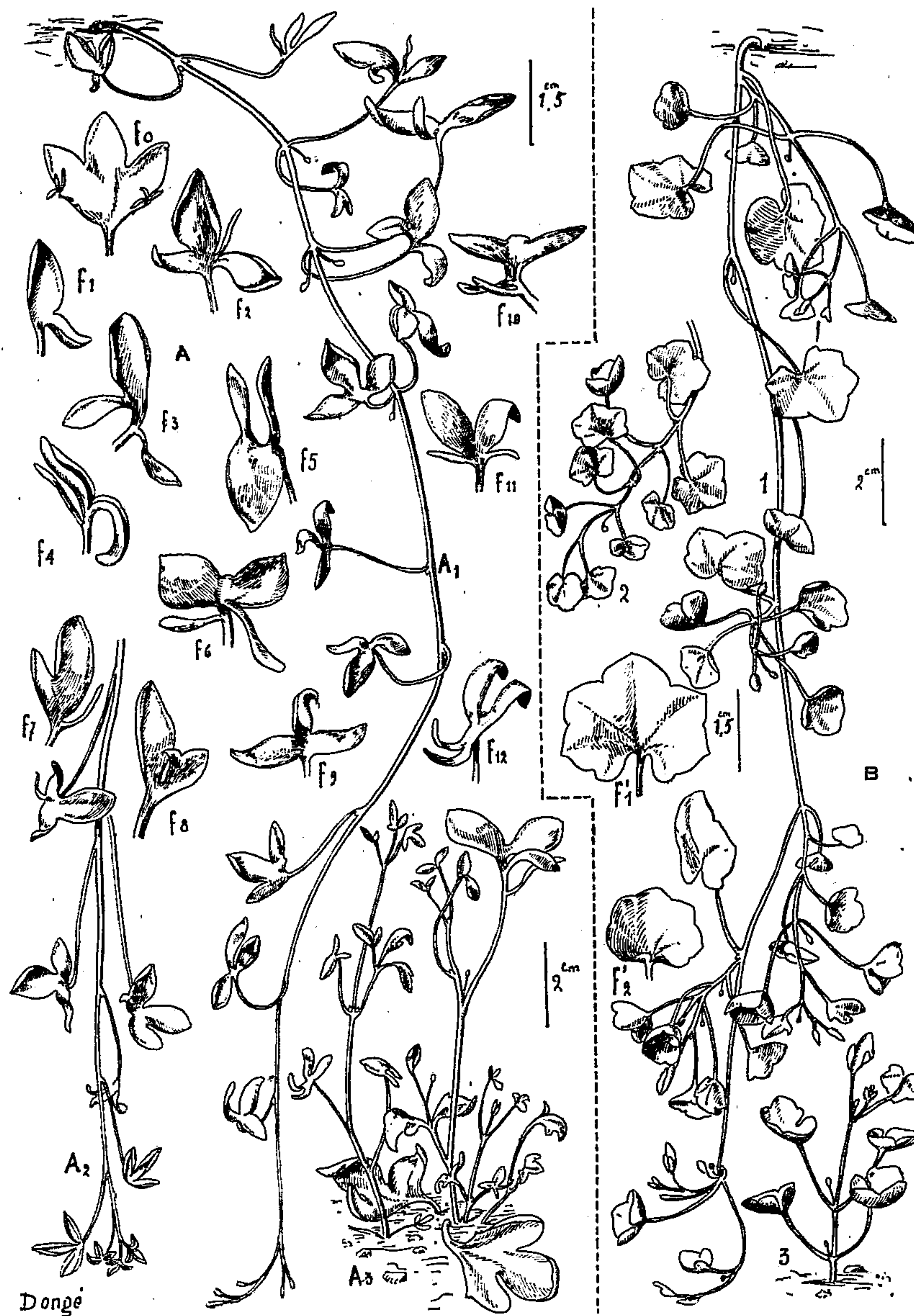
(¹) Voir *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1077.

(²) *Hilgardia*, Vol. 18, 18 nov. 1948, p. 553-566.

(³) *The Filterable virus*, Baltimore (U. S. A.), 1948.

(⁴) Le nom *Lacinia* rappelle que la virose se manifeste sous forme de découpage des feuilles et des fleurs en laciniures.

Au début de mars, nous avons vu apparaître aussi, sur des plants jeunes



A. *Cymbalaria Toutoni, aspect d'hiver* : A_1, pousse jeune pendante ou couchée; A_2, extrémité d'une autre pousse; A_3, deux jeunes pousses érigées, se développant d'une bouture enterrée portant deux feuilles sortant du sol; F_1 à F_{12}, différentes formes de feuilles; remarquer F_2, F_4, F_9, feuilles recroquevillées en ourlet; F_0, feuille munie de deux petits bourgeons à filaments. — B. *Cymbalaria muralis typica, aspect au début du printemps*, de plants cultivés à côté de *C. Toutoni et sur lesquelles se posent des mouches Sciura* (on voit déjà des feuilles recroquevillées ou en cupules mais non déformées). — 1, rameau pendant; 2, pousse d'un jeune plant; 3, jeune plant avec feuilles en cupules. F, feuille normale; F_2, feuille montrant déjà un ourlet à la base du limbe.

de *C. muralis* et de *C. pilosa* cultivés dans des pots à côté du *Lacinia*, un Puceron d'un vert clair (est-ce *Myzus persicæ*, puceron le plus fréquent inoculant des

viroses ?) qui déjà pullule sur trois de nos cultures. Il ne se montre pas sur *C. Toutoni*. Les jeunes feuilles des Cymbalaires atteintes, de même que celles visitées par les petites mouches du *G. Sciara*, sont déjà recroquevillées ou repliées en ourlet sur les bords. Ces plants semblent virosés, mais ils ne présentent pas les caractères foliaires si étonnants de *Lacinia Toutoni* dus peut-être à une autre cause. Ajoutons que le *C. Toutoni* se multiplie aisément par bouturage. Nous avons même réussi la bouture d'une feuille adulte qui présentait sur les bords du limbe de très petits bourgeons qui ont donné des pousses reproduisant *C. Toutoni*. C'est bien une mutation remarquable découverte il y a quatorze ans, due, semble-t-il, à un virus et qui maintient ses caractères par semis et par bouturage, au point de paraître une espèce de premier ordre. Nous ferons connaître prochainement d'autres observations relatives à cette néoformation remarquable.

Note additionnelle. — Cette Note était rédigée quand notre attention a été attirée sur des travaux récents de P. E. Tilford (1936), en Amérique, et de M. S. Lacey (1936-1949), en Angleterre, sur la maladie-fascie du Pois de senteur, qui sévit aussi sur de nombreuses autres plantes herbacées. Elle est causée par *Bacterium fascians* (Tilford) Lacey (= *Corynebacterium fascians* Magrou et Prévot), Bactérie voisine de *Phytomonas tumefascians*, et produisant sur les plantes atteintes, soit des fasciations, soit d'autres anomalies : des *short swollen shoot*, des *fleshy lumps* et des anomalies foliaires, etc. Quelques déformations analogues s'observent sur *Cymbalaria Toutoni*. Nos recherches se poursuivent pour essayer d'établir si c'est la virose ou une bactériose qui ont produit la mutation si remarquable signalée précédemment et que montre en détail le dessin ci-joint par comparaison avec le type d'où dérive certainement *C. Toutoni*.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Henri Villat**, **Jean Chazy** et **Alexandre Bigot** sont adjoints à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à Beaumont-en-Auge, au mois de mai 1949, pour commémorer le deux-centième anniversaire de la naissance de *Laplace*.

CORRESPONDANCE.

MM. **Pierre Girard** et **Jean-Jacques Trillat** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Gustave Roussy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Remarques et compléments aux Tables numériques universelles de* MARCEL BOLL.

2° PIO NIRO. *Observaciones que conducen a una fisica diferente.*

3° *Die Jahrhundertfeier der Österreichischen Akademie der Wissenschaften vom* 11 *bis* 16 *mai* 1947.

4° *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska.* Lublin, Polonia. Vol. I, Sectio C, 1946.

5° Université d'Istanbul. Faculté des Sciences. *Recueil de Mémoires commémorant la pose de la première pierre des nouveaux Instituts de la Faculté des Sciences.*

6° Académie des Sciences de l'U. R. S. S. *Science et Vie*, 1-12, 1948 (en langue russe).

ALGÈBRE DE LA LOGIQUE. — *Généralisation du théorème de Gödel.*

Note de M. **ANDRÉ CHAUVIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'idée de chercher si certaines propositions dont on ne sait si elles sont vraies ou fausses, comme l'hypothèse de Goldbach, ne sont pas indécidables, en les réinterprétant par la méthode de Gödel, semble avoir été émise pour la première fois par Rozsa Péter [1]. Nous allons formuler ce problème avec précision.

Nous avons vu dans une Note précédente [2] que

$$\mathrm{T}p(x\Pi(\mathcal{R}_0^{\varphi});\, y,\, [\eta_0^{\varphi}])$$

est *indécidable*, dans une logique L Gödelienne pour φ : en particulier dans la logique Lo et pour la correspondance φ_0 de Gödel. Pour une logique L déterminée, par exemple Lo, si l'on a $\xi' = \varphi_0(u)$, $\xi = \varphi(u)$, on a $\xi' = \psi(\xi)$,

$$\mathrm{R}_0^{\varphi}(\xi, \eta) = \mathrm{R}_0^{\varphi_0}(\psi(\xi), \psi(\eta)).$$

Il existe une classe Δ de logiques L qui ont la propriété (C) suivante; si une relation $\mathrm{R}(\xi, \eta)$ entre entiers a une *expression* dans L ainsi que $\mathfrak{S} = \psi(\tau)$, ψ étant ici une fonction quelconque, alors $\mathrm{R}(\psi(\xi), \psi(\eta))$ a une *expression* dans L. Si nous désignons par $\mathcal{R}(x, y)$ l'*expression* de $\mathrm{R}(\xi, \eta)$, par $\mathfrak{S}(z, t)$ l'*expression* de $\zeta = \psi(\tau)$, E doit contenir une *expression* $\mathcal{V}(x, y)$ telle que $\mathrm{T}p(\mathcal{V}; [\xi]; [\eta])$ est *vraie* s'il existe deux entiers ξ', η' tels que $\mathrm{T}p(\mathcal{R}; [\xi']; [\eta'])$, $\mathrm{T}p(\mathfrak{S}; [\xi']; [\xi])$, $\mathrm{T}p(\mathfrak{S}; [\eta']; [\eta])$ soient toutes les trois *vraies* et réciproquement; $\mathrm{T}p(\mathcal{V}; [\xi]; [\eta])$ est *fausse* si pour tout couple d'entiers ξ', η' l'une au moins des *propositions*

---

(1) *Jatek a vegtelennel Matematika kivüllalloknak, Dante Budapest*, 1944; voir analyse de cet ouvrage par J. G. KEMENY, *Journal of Symbolic Logic*, **13**, 3 sept. 1948.

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1085.

$Tp(\mathcal{R}; [\xi']; [\eta'])$, $Tp(\mathcal{S}; [\xi']; [\xi])$, $Tp(\mathcal{S}; [\eta']; [\eta])$ est *fausse* et réciproquement.

On voit aisément que Lo a la propriété C

$$\big(\mathcal{V} \text{ est dans Lo, } (Ex')(Ey')\big(\mathcal{R}(x', y') \cap \mathcal{S}(x', x) \cap \mathcal{S}(y', y)\big)\big).$$

D'ailleurs la plupart des logiques connues ont la propriété C, car c'est justement un des buts qu'on se propose en les construisant.

Si $\xi' = \psi(\xi)$ a une *expression* dans Lo, comme $R_0^{\varphi_0}(\xi, \eta)$ a une *expression* $\mathcal{R}_0^{\varphi_0}$, $R_0^{\varphi}(\xi, \eta)$, c'est-à-dire $R_0^{\varphi_0}\big(\psi(\xi), \psi(\eta)\big)$ a une *expression* $\mathcal{R}_0^{\varphi}$ dans Lo; nous la désignerons par $r_0(\psi)$.

D'autre part [3]

$$\eta_0^{\varphi} = \psi^{-1}\varphi_0\big(x\Pi\big(r_0(\psi)\big)\big),$$

nous le désignerons par $\eta_0(\psi)$. D'après ce qui précède, la *proposition*

$$Tp\big(x\Pi\big(r_0(\psi)\big);\ y, [\eta_0(\psi)]\big)$$

est *indécidable* dans Lo.

En résumé, nous avons donc une *proposition* dépendant de ψ :

$$Tp\big(x\Pi\big(r_0(\psi)\big);\ y, [\eta_0(\psi)]\big)$$

qui est *indécidable* dans la *logique* Lo de Gödel (ou toute logique Gödélienne Lo déterminée) et cela quel que soit ψ telle que :

1° $\zeta = \psi(\tau)$ réalise une correspondance biunivoque entre les éléments ζ d'une partie des entiers [formée par les $\varphi_0(u)$ où $u \in U$, U relatif à Lo] et les éléments τ d'une partie quelconque de l'ensemble des entiers;

2° $\zeta = \psi(\tau)$ ait une *expression* dans Lo.

En particulier, cela est vrai pour les ψ qui sont des fonctions récurrentes d'entier réalisant une correspondance biunivoque entre les numéros de Gödel et une partie quelconque de l'ensemble des entiers.

Il y a lieu de chercher si en particularisant ψ on ne tombe pas sur une *proposition exprimant* l'hypothèse de Goldbach, le grand théorème de Fermat, l'hypothèse du continu, etc., ou si en prenant pour ψ toutes les correspondances possibles, on n'obtient pas toutes les *propositions indécidables* de Lo.

---

(3) ψ^{-1} désigne l'application réciproque de ψ.

ALGÈBRE. — *Algèbres de relations et hypergroupes partiels* (¹).

Note (*) de M. **Robert Croisot**, présentée par M. Élie Cartan.

Théorème 1. — *L'ensemble* E *de tous les sous-ensembles d'un hypergroupe partiel inversable* M *est une algèbre de relations généralisée atomique* A (²), *si l'on prend pour relation d'ordre dans* A *l'inclusion dans* E *et pour multiplication dans* A *la multiplication déterminée dans* E *par celle de* M (³). *Réciproquement, toute algèbre de relations généralisée atomique* A *admet une représentation isomorphe de cette sorte.*

E est un corps complet de sous-ensembles, donc une algèbre de Boole complète (atomique), vis-à-vis de l'inclusion. Les propriétés (1), (2), (3) (avec $e = U$), (4) sont évidentes. On voit que $r:s$ est l'ensemble des éléments ξ tels que $\alpha\xi \subset r$ pour tout $\alpha \in s$. Donc, $e':r$ se compose des éléments β non inverses d'un élément de r. La propriété (5) en résulte. De même, $e':r'$ se compose des éléments $\bar{\gamma}$ inverses d'un élément $\gamma \in r$. La propriété (6) s'en déduit, compte tenu du fait que les éléments de $\xi\eta$ sont les inverses de ceux de $\bar{\eta}\bar{\xi}$.

Soit maintenant A une algèbre de relations généralisée atomique. On sait que A est isomorphe en tant que treillis à l'ensemble E de tous les sous-ensembles de ses points ordonnés par l'inclusion (⁴). Nous définissons dans l'ensemble M de ces points une multiplication (⁵) :

(*) Séance du 28 mars 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1090.

(²) Soit une algèbre de Boole complète A dont r, s, t désignent des éléments quelconques 0 l'élément minimum, 1 l'élément maximum, r' le complément de r. Nous disons que A est une *algèbre de relations généralisée* si une opération supplémentaire (multiplication) y est définie, les conditions suivantes étant vérifiées :

(1) $(r.s).t = r.(s.t)$;

(2) $0.r = r.0 = 0$.

(3) Il existe dans A un élément e tel que

$$e.r = r.e = r.$$

(4) $$r.\Big(\bigcup_\beta s_\beta\Big) = \bigcup_\beta (r.s_\beta) \quad \text{et} \quad \Big(\bigcup_\alpha r_\alpha\Big).s = \bigcup_\alpha (r_\alpha.s).$$

(5) $e':(e':r) = r$ ($r:s$ désignant l'union des x tels que $s.x \leqq r$).

(6) $$e':(r.s)' = (e':s').(e':r').$$

Nous désignons par A_1 une algèbre de relations généralisée dans laquelle on a la condition supplémentaire :

(7) $r > 0$ entraîne $1.r.1 = 1$.

(³) On peut affaiblir l'hypothèse en considérant certains sous-ensembles de E. Les treillis obtenus ne sont plus nécessairement atomiques.

(⁴) Birkhoff and Ward, *Annals of Math.*, 40, 1939, p. 609.

(⁵) Pour éviter les confusions, le signe du produit (.) est figuré pour la multiplication dans A et ne l'est pas pour la multiplication dans M.

ρ et σ sont composables si et seulement si $\rho.\sigma > 0$ dans A; alors $\rho\sigma = \{\pi\}$, ensemble des points π tels que $\rho.\sigma \geqq \pi$ dans A. On voit que $(\rho\sigma)\tau$ a un sens, si et seulement si $(\rho.\sigma).\tau > 0$. De plus, $(\rho\sigma)\tau$ est alors l'ensemble des points π tels que $(\rho.\sigma).\tau \geqq \pi$. D'où, l'axiome ($I_d$), compte tenu des résultats analogues pour $\rho(\sigma\tau)$. Nous posons $\varepsilon_\iota \in U$ si et seulement si $\varepsilon_\iota \leqq e$. On a $e = \bigcup_\iota \varepsilon_\iota$. Donc, $\rho.e = \rho$ s'écrit d'après (4) $\bigcup_\iota (\rho.\varepsilon_\iota) = \rho$. Pour tout ε_ι, on a $\rho.\varepsilon_\iota = \rho$ ou 0, ce qui exprime $\rho\varepsilon_\iota = \rho$ ou $\rho\varepsilon_\iota$ n'a pas de sens. De plus, tout point ρ est composable à droite avec un ε_ι au moins $\left(\text{sinon, on aurait } \rho.e = \bigcup_\iota (\rho.\varepsilon_\iota) = 0\right)$. C'est l'axiome ($II_d$). Pour tout point ρ, il existe au moins un $\bar{\rho}$ tel que $\rho\bar{\rho}$ contienne un élément unité. Sinon, on aurait $e' : \rho = 1$ et $e' : 1 = \rho$ d'après (5). Mais, ceci contredit $e' : 0 = 1$ qui entraîne $e' : 1 = 0$. Alors, $\bar{\rho}\rho$ contient aussi un élément unité, car $r.s \leqq e'$ implique $s.r \leqq e'$ [conséquence de (4) et (5)]. Montrons que le point $\bar{\rho}$ est unique. On a $e' : \rho' \neq 0$, sinon, on aurait $1 = e' : 0 = \rho'$. D'ailleurs, $e' : \rho'$ est la réunion des points qui sont inverses de ρ seul. Soit π l'un d'eux et $\bar{\rho}$ un inverse quelconque de ρ. Alors, $e' : \bar{\rho}$ est la réunion des points μ non inverses de $\bar{\rho}$. Donc, on a $\mu \neq \rho$ et $\pi \leqq e' : (e' : \bar{\rho}) = \bar{\rho}$. Alors, $\pi = \bar{\rho}$ et $\bar{\rho}$ est unique. Enfin, si $\xi \in \rho\sigma$, soit $\xi \leqq \rho.\sigma$, il suffit d'appliquer (6) avec $r = \rho$ et $s = \sigma$ pour voir que $\bar{\xi} \leqq \bar{\sigma}.\bar{\rho}$, soit $\bar{\xi} \in \bar{\sigma}\bar{\rho}$. D'où, facilement, l'axiome (III_d). On voit alors que A est isomorphe à l'ensemble E organisé comme il est dit dans le théorème direct.

Le théorème 1 est valable si l'on remplace M par M_1 et A par A_1.

THÉORÈME 2. — *Une algèbre* A *atomique est isomorphe à un produit d'algèbres* A_1 *atomiques. La décomposition est unique à l'ordre près.*

Ceci résulte simplement du fait qu'un système M est la juxtaposition de systèmes M_1 d'une manière unique.

On sait que l'ensemble des relations binaires sur un ensemble F est une algèbre de relations A_1 vis-à-vis de la relation d'ordre habituelle et du produit relatif. La réciproque est inexacte : il suffit de considérer l'ensemble de tous les sous-ensembles d'un groupe qui a au moins deux éléments (car, dans ce cas, e est un point). Les théorèmes suivants, de démonstration facile, caractérisent l'algèbre de *toutes* les relations sur un ensemble parmi les algèbres A_1.

THÉORÈME 3. — *L'algèbre de toutes les relations sur un ensemble* $F = \{a, b, \ldots\}$ *est isomorphe à l'algèbre* A_1 *de tous les sous-ensembles d'un groupoïde de Brandt d'ordre* 1 *dont les éléments sont ceux de l'ensemble produit* $F \times F$ [*la multiplication étant définie par* $(a, b)(c, d) = (a, d)$ *si* $b = c$]. *Réciproquement, l'algèbre de tous les sous-ensembles d'un groupoïde de Brandt d'ordre* 1 *est isomorphe à l'algèbre de toutes les relations sur l'ensemble* F *de ses éléments unités.*

THÉORÈME 4. — *Pour qu'une algèbre* A_1 *soit isomorphe à celle de tous les sous-ensembles d'un certain groupoïde de Brandt d'ordre* 1, *il faut et il suffit qu'elle vérifie les conditions supplémentaires :*

(8) *Si* r *et* s *sont des points,* $r.s = 0$ *ou* $r.s$ *est un point.*

(9) *Si* r, s, t *sont des points et si l'on a* $r.s$, $s.r$, $r.t$, $t.r > 0$, *on a* $s = t$.

On peut remplacer (9) par :

(9′) *Si* r *et* s *sont des points et si l'on a* $r \leqq e$ *et* $r.s$, $s.r > 0$, *on a* $r = s$.

ALGÈBRE. — *Un critère de stabilité déduit du théorème de Sturm.* Note de MM. **Aloys Herrmann** et **Jean-Marie Souriau**, présentée par M. Jean Chazy.

On rencontre souvent en Physique des problèmes de stabilité qui se ramènent à la forme suivante : chercher si dans toutes les racines x d'un polynome $P(x)$ les coefficients de l'imaginaire i sont positifs. Nous donnons ici un critère qui permet de résoudre un tel problème par des calculs rationnels simples, et en général de trouver le nombre des racines où le coefficient de i est positif. Ce critère semble particulièrement bien adapté à l'étude pratique de la stabilité, car il permet d'évaluer le danger d'instabilité, et de trouver sans calcul nouveau les racines qui sont responsables de l'instabilité dans les cas critiques.

Soit

$$P(x) = (x - z_1)(x - z_2) \ldots (x - z_n)$$

un polynome de degré n en fonction de la variable réelle x, à coefficients complexes. Désignons par p, q et r les nombres des racines où les coefficients de i sont respectivement positifs, nuls et négatifs.

Séparons les parties réelle et imaginaire du polynome P :

$$P(x) = P_1(x) + iP_2(x),$$

et calculons la *chaîne de Sturm* définie par les égalités

$$\begin{aligned} P_1 + P_2Q_2 + P_3 &= 0, \\ P_2 + P_3Q_3 + P_4 &= 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots &, \\ P_{k-1} + P_kQ_k &= 0, \end{aligned}$$

et par ces conditions que P_k est différent de zéro, et que le degré de P_{i+1} est inférieur au degré de P_i. Soit $V(x)$ le nombre des variations de signe de la suite

$$P_1(x), \quad P_2(x), \quad \ldots, \quad P_k(x).$$

On sait (¹) d'après Sturm, que $V(x)$ ne change que lorsque le quotient $P_2(x)/P_1(x)$ devient infini, et que $V(x)$ augmente de $+1$ ou de -1 selon que ce rapport passe de $+\infty$ à $-\infty$ ou de $-\infty$ à $+\infty$. L'augmentation de $V(x)$ est la même que celle de la partie entière de l'expression (²),

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{P_2(x)}{P_1(x)} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{Arg}\big(P(x)\big),$$

(¹) Georges Valiron, *Cours d'analyse mathématique*, I, p. 109.
(²) *Loc. cit.*, p. 111.

où $\text{Arg}(z)$ est l'argument du nombre complexe z suivi par continuité. On a ainsi :

$$\text{Arg}\big(P(x)\big) = \sum_i \text{Arg}(x - z_i),$$

et par suite $V(+\infty) - V(-\infty) = p - r$.

Puisque d'ailleurs la somme $p + q + r$ est égale à n, et que q peut être calculé par une application classique ([2]) du théorème de Sturm, on aura ainsi déterminé p. La stabilité exige les conditions $p = n$, $q = r = 0$, d'où $V(+\infty) - V(-\infty) = n$. Comme on a visiblement $0 \leqq V(x) \leqq k - 1 \leqq n$, ceci entraîne les égalités $V(+\infty) = n$, $V(-\infty) = 0$, $k = n + 1$.

Ainsi, *la condition nécessaire et suffisante de stabilité est que la suite de Sturm soit complète, les premiers coefficients étant alternés.*

Si le polynome P dépend d'un paramètre λ, on voit facilement que les régions de stabilité seront limitées par des zéros de P_{n+1}; les régions dangereuses seront caractérisées par les faibles valeurs de $|P_{n+1}|$. De plus, si P_{n+1} est nul, le dernier polynome de la suite, non nul, qui est en général du premier degré, admet pour racines les racines réelles du polynome P.

THÉORIE DES GROUPES. — *Groupoïdes reliés et demi-groupes ordonnés.*

Note de M. **Dov Tamari**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Propriétés relatives et invariantes dans un groupoïde.* — Soit $\mathcal{G}$ un ensemble ordonné et un groupoïde, a, b, $c \in \mathcal{G}$ et par exemple $a < b$; la multiplication à droite (à dr.) ([1]) par c doit avoir un et un seulement des effets : 1° $ac = bc$; 2° $ac < bc$; 3° $ac > bc$; 4° ac, bc non comparable et c est alors appelé respectivement *niveleur, conservateur, inverseur* ou *séparateur* à dr. pour le couple relié $a < b$ [*propriétés relatives* ([2])]. Méthode analogue pour une relation quelconque. On passe aux *propriétés invariantes* et l'on dit que $\mathcal{G}$ est un *groupoïde relié* (*ordonné*) *à dr.* ([3]) en exigeant pour tous les éléments d'un complexe $\mathcal{C}$, défini avec l'aide des propriétés relatives, l'invariance de certaines de ces propriétés Π_i indépendamment du couple a, b. Nous choisirons pour $\mathcal{C}$ le complexe de tous les éléments de $\mathcal{G}$ qui ne sont pas diviseurs de zéro à dr. ([4]), c'est-à-dire qui ne nivèlent aucun couple $a \neq b$, pour Π_i une seule, celle de conservation. Un sous-groupoïde d'un groupoïde relié est *permis*, s'il est un

([1]) De même pour *à gauche*.

([2]) La propriété d'un élément de *donner lieu ou non à une propriété relative* Π_r est elle-même une propriété absolue de c. Remarque analogue pour le groupoïde contenant des éléments doués de telles propriétés.

([3]) On dit aussi $\mathcal{G}$ *admet une relation* $\mathcal{R}$ ou bien $\mathcal{R}$ *est une* $\mathcal{G}$*-relation.*

([4]) D. Tamari, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 54, 1948, p. 155.

groupoïde relié par la relation restreinte : chaque sous-groupoïde $\mathcal{G}' \subset \mathcal{C} \subset \mathcal{G}$ est permis; si $\mathcal{C} = \mathcal{G}$, chaque sous-groupoïde est permis. Si l'on exclut l'alternative 4°, c'est-à-dire que la *comparabilité* soit invariante par rapport à une translation à dr., l'invariance des inverseurs est impliquée et l'on a la décomposition $\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 \dotplus \mathcal{G}_1 \dotplus \mathcal{G}_{-1}$, où $\mathcal{G}_0 (= \mathcal{G} - \mathcal{C})$, $\mathcal{G}_1$, $\mathcal{G}_{-1}$ sont les ensembles respectivement des diviseurs de zéro, conservateurs, inverseurs. En dehors des implications $a < b$, $c \in \mathcal{G}_1 \Rightarrow ac > cb$ et $a < b$, $r \in \mathcal{G}_{-1} \Rightarrow ar > br$, on a :

Dans un groupoïde $\mathcal{G}$ simplement ordonné à dr., les règles de simplification à droite subsistent : $ac < bc$, $c \in \mathcal{G}_1 \Rightarrow a < b$; $ar < br$, $r \in \mathcal{G}_{-1} \Rightarrow a > b$.

Si $\mathcal{G}$ est partiellement ordonné, la proposition n'est pas vraie même si $\mathcal{G}$ est un demi-groupe. Mais s'il est un quasi-groupe à dr. dans ce sens que chaque élément qui n'est pas un diviseur de zéro à gauche a un *inverse à droite*, les règles de simplification à dr. subsistent parce qu'un élément et tous ses inverses ont le même caractère. Donc :

Les règles de simplification à droite sont une condition nécessaire pour l'immersion d'un demi-groupe ordonné à droite dans un quasi-groupe à droite ordonné à droite.

2. *Demi-groupe simplement ordonné $\mathcal{D}$.* — Désormais l'ordre signifiera un ordre simple. L'associativité implique : le produit de deux conservateurs ou de deux inverseurs est un conservateur; le produit d'un conservateur et d'un inverseur est un inverseur. Définissant le *caractère à droite* $a\,\chi(a) = i$ si $a \in \mathcal{D}_i (i = 0, \pm 1)$, le caractère d'un produit est déterminé par ceux de ses facteurs et l'application $a \to \chi(a)$ est un homomorphisme de $\mathcal{D}$ sur le quasi-groupe multiplicatif M_3 des nombres entiers mod 3, parce que le complexe $\mathcal{D}_0$ est premier ($ab \in \mathcal{D}_0 \Rightarrow a$ ou $b \in \mathcal{D}_0$). $a \notin \mathcal{D}_0 \Rightarrow a^2 \in \mathcal{D}_1$. S'il y a des unités à dr. ε_α, $\varepsilon_\alpha \in \mathcal{D}_1$. Si $\mathcal{H} \subset \mathcal{D}$, $c \in \mathcal{D}_1$, $r \in \mathcal{D}_{-1}$ le complexe $\mathcal{H}c\,(\mathcal{H}r)$ est semblable (antisemblable) au complexe arbitraire donné $\mathcal{H}$.

$\mathcal{D}$ ne contient pas d'éléments de période finie > 1, sauf peut-être un inverseur de période 2.

Si $\mathcal{D} = \mathcal{D}_1$, $\mathcal{D}$ est un demi-groupe conservatif. Chaque demi-groupe $\mathcal{D}$ ordonné contient un sous-demi-groupe conservatif maximal, le $\mathcal{D}_1$.

Soit $\mathcal{C}$ un demi-groupe conservatif, $M_2 = \{1, \varepsilon\}$ le groupe d'ordre 2. Le produit direct $\mathcal{C} \times M_2 = \mathcal{D}$ est un demi-groupe admettant un ordre contenant $\mathcal{C} = \mathcal{D}_1$ et *$\mathcal{C}\varepsilon = \mathcal{C}^* = \mathcal{D}_{-1}$.*

M_2 admet deux ordres; M_3 admet comme ordres tous ses $3! = 6$ permutations.

Soient $\mathcal{F}_1$, $\mathcal{F}_2$ deux complexes de $\mathcal{C}$. Pour que $\mathcal{F}_1 \cup \mathcal{F}_2^*$ soit un sous-demi-groupe permis dans $\mathcal{D}$, il faut et il suffit que : 1° $\mathcal{F}_1^2 \subset \mathcal{F}_1$; 2° $\mathcal{F}_2^2 \subset \mathcal{F}_1$; 3° $\mathcal{F}_1\mathcal{F}_2, \mathcal{F}_2\mathcal{F}_1 \subset \mathcal{F}_2$.

Si $\mathcal{D}$ est un groupe, il est conservatif ($\mathcal{D} = \mathcal{D}_1$), ou on a $\mathcal{D} \simeq \mathcal{D}_1 \times M_2$ ($\mathcal{D}/\mathcal{D}_1 \simeq M_2$), où l'isomorphisme inclut aussi l'ordre.

---

(1) O. Ore, *Ann. of Math.*, 32, 1931, p. 463-477.

Le sémi-groupe additif des nombres naturels L_1 ($\simeq$ *semi-groupe libre d'un seul générateur*) *permet justement les six possibilités :*

1° $1 < 2 < 3 < \ldots$; 2° $\ldots < 3 < 2 < 1$;
3° $1 < 3 < 5 < \ldots, \ldots < 6 < 4 < 2$; 4° $2 < 4 < 6 < \ldots, \ldots < 5 < 3 < 1$;
5° $\ldots < 5 < 3 < 1 < 2 < 4 < 6 < \ldots$; 6° $\ldots < 6 < 4 < 2 < 1 < 3 < 5 < \ldots$.

Le semi-groupe multiplicatif admet une infinité de possibilités (archimédiennes ou non). En considérant un ordre et son inverse comme équivalent, il y a un seul ordre commun pour l'addition et la multiplication.

3. *Demi-groupes ordonnés et leur quasi-groupe-quotients.* — Supposons désormais que le demi-groupe ordonné à droite $\mathcal{D}$ soit d'un type tel que $n_r = 1$ (4) et que son (quasi-) groupe des quotients à droite $Q(\mathcal{D})$ soit construit (5). Évidemment on peut toujours choisir un multiple commun conservatif. Nous définissons un ordre Ω_Q dans $Q(\mathcal{D})$ par

$$a/b < c/d \quad \rightleftarrows \quad bb' = dd' \in \mathcal{D}_1, \; ab' = cd'$$

simultanément.

La justification de cette définition exige les propositions suivantes :

La relation Ω_Q *constitue un ordre, simple dans* $Q(\mathcal{D})$.

1° $q_1 \neq q_2$ sont toujours reliés par une et une seule relation $q_1 <$ [illegible] ou $q_2 < q_1$.

2° La relation est indépendante du choix du multiple conservatif.

3° La relation entre deux quotients dépend seulement des classes auxquelles ils appartiennent et non de leur forme.

En outre la transitivité est évidente.

Ω_Q *conserve l'ordre du sous-demi-groupe* $\mathcal{D} \subset Q(\mathcal{D})$;

Ω_Q *constitue un demi-groupe-ordre à dr.*

Nous complétons par un théorème d'unicité :

L'ordre de $Q(\mathcal{D})$ *est uniquement déterminé par l'ordre de* $\mathcal{D}$, *c'est-à-dire que l'ordre* Ω_Q *défini est le seul ordre qui prolonge l'ordre donné* $\Omega_{\mathcal{D}}$ *dans* $Q(\mathcal{D})$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les opérateurs différentiels et la construction de la solution élémentaire des équations aux dérivées partielles poly-hyperboliques dans le cas pair.* Note (*) de M. **Jean Élianu**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Après le cas impair, étudié dans une Note précédente (1), considérons maintenant le cas $n = 2m$. Nous distinguerons les cas secondaires $n > 2p$ et $n \leqq 2p$.

Cas secondaire algébrico-logarithmique. — Si $n > 2p$, nous chercherons une

(*) Séance du 28 mars 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1095.

solution élémentaire algébrico-logarithmique de la forme $u = U\Gamma^q + V\log\Gamma$, V étant comme U régulière au sens de M. Hadamard et $q = p - m$. On démontre que V *doit être une solution de l'équation* $F^p u = 0$ et que, pour $h < -q$, les termes U_h du développement de U ont les expressions (4) et (5) (*voir* la Note précédente) du cas impair. En prenant pour V le développement

$$(1) \qquad V = V_0 + V_1\Gamma + \ldots + V_h\Gamma^h + \ldots,$$

on trouve d'abord que $V_h (h \geqq p)$ est une fonction holomorphe (si $V_0, V_1, \ldots, V_{p-1}$ le sont eux-mêmes) qui vérifie une équation du type de Fuchs non homogène à une seule intégrale holomorphe, à savoir

$$(2) \qquad V_h = -\frac{U_0}{4^p s^{p+h-q-1}} \int_0^s \cdots \int_0^s \frac{s^{h-q-1}}{U_0} \sum_{i=1}^{p} \frac{\Phi^i_{p,h-i} V_{h-i}}{h(h-1)\ldots(h-i+1)} ds \ldots ds,$$

où l'on doit intégrer p fois par rapport à s.

Compte tenu de la première propriété algébrique des opérateurs Ω, on prouve que $V_h (0 \leqq h < p)$ est aussi une fonction holomorphe vérifiant une équation du même type que ci-dessus et dont l'expression est

$$(3) \qquad V_h = \frac{-U_0}{4^p h!\, s^{p+h-q-1}} \int_0^s \cdots \int_0^s \frac{s^{h-q-1}}{U_0} \left\{ \sum_{i=1}^{h} \sum_{j=0}^{i-1} (-1)^{h-i} C^{h-i}_{p-i-1} (h-i+j)! \times \Psi^{i,j}_{p,2(h-i+j)} V_{h-i+j} + \sum_{i=1}^{p-h} \frac{(-1)^{i-1}}{(i-1)!} \Phi^{h+i}_{p,-i} U_{-q+i} \right\} ds \ldots ds,$$

où, pour $h = 0$, on doit supprimer la somme double. Dans cette formule, C^s_r est le symbole des combinaisons et $\Psi^{i,j}_{p,2h}$ s'obtient de $\Phi^i_{p,2h}$ en remplaçant dans chacun de ses termes de droite à gauche et de toutes les manières possibles, j fois l'opérateur F respectivement par $\Omega_{h-1}, \Omega_{h-2}, \ldots, \Omega_{h-j}$ et en changeant dans tous les termes ainsi obtenus h en $h-1$ dans les opérateurs Ω qui sont entre Ω_{h-1} et Ω_{h-2}; puis h en $h-2$ dans les opérateurs Ω qui sont entre Ω_{h-2} et Ω_{h-3} et ainsi de suite, jusqu'aux opérateurs Ω qui sont à gauche de Ω_{h-j} dans lesquels on changera h en $h-j$.

La convergence uniforme du développement (1) se démontre comme dans le cas impair à condition de prendre $q = 0$.

On obtient la solution élémentaire cherchée en ajoutant à l'expression déjà trouvée une certaine fonction holomorphe w largement indéterminée, que nous appellerons *fonction de correction* et dont l'existence résulte du théorème de Cauchy-Kowalewski.

Cas secondaire logarithmique. — Si $n \leqq 2p$, nous chercherons une *solution élémentaire purement logarithmique* de la forme $u = \Gamma^q V \log\Gamma$, V étant régulière au sens de M. Hadamard et $q = p - m$. On démontre que $\Gamma^q V$ *doit être une solution de l'équation* $F^p u = 0$.

En prenant pour V le développement

$$V = V_q + V_{q+1}\Gamma + \ldots + V_{q+h}\Gamma^{q+h} + \ldots, \tag{4}$$

ce second cas secondaire peut se déduire du point de vue formel du premier cas secondaire dans lequel $U = 0$ et $V_0 = V_1 = \ldots = V_{q-1} = 0$.

De cette remarque, on tire, si $h > m$,

$$V_{q+h} = \frac{-U_0}{4^p s^{p+h-1}} \int_0^s \cdots \int_0^s \frac{s^{h-1}}{U_0} \sum_{i=1}^{p} \frac{\Phi^i_{p,q+h-i} V_{q+h-i}}{(q+h)(q+h-1)\ldots(q+h-i+1)} ds \ldots ds, \tag{5}$$

et, si $0 \leqq h < m$, on obtient d'abord pour $V_q (h = 0)$ la même expression que nous avons trouvée pour U_0 dans le cas impair et pour $0 < h < m$

$$V_{q+h} = \frac{-U_0}{4^p (q+h)!\, s^{p+h-1}} \int_0^s \cdots \int_0^s \frac{s^{h-1}}{U_0} \sum_{i=1}^{q+h} \sum_{j=0}^{i-1} (-1)^{q+h-i} C^{q+h-i}_{n-i-1} \times (q+h-i+j)!\, \Psi^{i,j}_{n,2(q+h-i+j)} V_{q+h-i+j}\, ds \ldots ds, \tag{6}$$

avec la convention de prendre $V_0 = V_1 = \ldots = V_{q-1} = 0$ dans (5) et (6).

Comme dans le premier cas secondaire, on démontre que (4) converge uniformément et que pour obtenir la solution élémentaire cherchée on doit ajouter à l'expression trouvée une certaine fonction w largement indéterminée, la fonction de correction correspondante à ce second cas secondaire.

Dans le cas pair, la solution élémentaire obtenue n'est pas par conséquent bien déterminée. Sur $\Gamma = 0$, elle possède une *singularité algébrico-logarithmique*, si $n > 2p$ et est *régulière* ou a une *singularité logarithmique*, si $n \leqq 2p$.

Nos résultats sont évidemment valables pour tout opérateur F non parabolique. Si $p = 1$, on retrouve la solution élémentaire de M. Hadamard et si $g^{\alpha\beta} = \delta^{\alpha\beta}$, $h^\alpha = 0$, $k = 0$, on retombe sur les fonctions polyharmoniques élémentaires.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation différentielle linéaire du second ordre transformable en elle-même.* Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Henri Villat.

1. L'équation différentielle linéaire

$$\frac{d^2 z}{dx^2} - f(x) z = 0, \tag{1}$$

par le changement de fonction et de variable indépendante

$$z = v\sqrt{\varphi'(t)}, \qquad x = \varphi(t),$$

devient [1]

$$\frac{d^2 v}{dt^2} - \left[\frac{3}{4}\left(\frac{\varphi''}{\varphi'}\right)^2 - \frac{1}{2}\frac{\varphi'''}{\varphi'} + \varphi'^2 f(\varphi)\right] v = 0,$$

où $\varphi(t) \neq$ const.

---

(1) Dans cette Note les accents marquent des dérivées.

Sous la condition

(2) $$f[\varphi(t)] = \frac{1}{\varphi'^2} f(t) + \frac{2\varphi'\varphi''' - 3\varphi''^2}{4\varphi'^4},$$

l'équation (1) se transforme en elle-même.

La fonction $f(t)$ la plus générale vérifiant l'équation fonctionnelle (2) est

$$f(t) = \alpha\left(\frac{B'}{B}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{B''}{B'}\right)^2 - \frac{1}{2}\frac{B'''}{B'}$$

avec α = const., $B = B(t)$ = fonction de Kœnigs, $\varphi(t)$ satisfaisant à diverses hypothèses que nous ne reproduisons pas ici.

Le résultat plus haut indiqué est fourni par P. Appell ([2]), après une analyse très profonde et basée sur des recherches de Kœnigs concernant les équations fonctionnelles.

2. En partant de nos résultats antérieurs ([3]) et en suivant une voie assez simple, nous avons obtenu la proposition suivante ([4]) :

I. *L'équation de Riccati*

(3) $$\frac{dy}{dx} + y^2 = \alpha\left(\frac{\theta'}{\theta}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{\theta''}{\theta'}\right)^2 - \frac{1}{2}\frac{\theta'''}{\theta'},$$

avec

$$\theta = \theta(x) \neq \text{const.}; \qquad \alpha = \text{const.} \neq 0$$

se transforme en elle-même par le changement de fonction

$$y = -\frac{1}{2}\frac{\theta''}{\theta'} + \alpha\left(\frac{\theta'}{\theta}\right)^2 \frac{1}{y_1 + \frac{1}{2}\frac{\theta''}{\theta'} - \frac{\theta'}{\theta}},$$

où y_1 est une nouvelle fonction inconnue.

L'équation (3) a comme solutions particulières

$$y_k = -\frac{1}{2}\frac{\theta''}{\theta'} + \omega_k \frac{\theta'}{\theta} \qquad (k = 1, 2),$$

ω_k étant les racines de l'équation en ω,

$$\omega^2 - \omega - \alpha = 0.$$

II. *L'équation linéaire*

$$\frac{d^2z}{dx^2} - \left[\alpha\left(\frac{\theta'}{\theta}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{\theta''}{\theta'}\right)^2 - \frac{1}{2}\frac{\theta'''}{\theta'}\right]z = 0$$

([2]) *Acta mathematica*, 15, 1891, p. 288-302.

([3]) D. S. Mitrinovitch, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 156-157; *Bulletin de l'Académie serbe des sciences*, 6, 1939, p. 121-156.

([4]) On peut directement vérifier la proposition énoncée ici.

se transforme aussi en elle-même par le changement de fonction

$$z = \frac{1}{\sqrt{\theta'}} \exp\left(\alpha \int \frac{\left(\frac{\theta'}{\theta}\right)^2 dx}{\frac{z'_1}{z_1} + \frac{1}{2}\frac{\theta''}{\theta'} - \frac{\theta'}{\theta}} \right),$$

en désignant par z_1 la nouvelle fonction inconnue et par z'_1 sa dérivée.

III. *L'équation de Riccati* (3) *est transformable en elle-même par une infinité de substitutions de fonction ayant la forme*

$$y = P_k(x) + \frac{Q_k(x)}{R_k(x) + y_k} \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots),$$

où P_k, Q_k, R_k sont des combinaisons rationnelles de θ, θ', θ'', lesquelles se forment d'après un procédé simple.

Une conclusion analogue s'énonce relativement à l'équation linéaire correspondante.

3. En comparant le coefficient d'Appell

$$f_A(x) = \alpha\left(\frac{B'}{B}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{B''}{B'}\right)^2 - \frac{1}{2}\frac{B'''}{B'},$$

($B = B(x) =$ fonction de Kœnigs), avec le nôtre

$$f_M(x) = \alpha\left(\frac{\theta'}{\theta}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{\theta''}{\theta'}\right)^2 - \frac{1}{2}\frac{\theta'''}{\theta'},$$

on voit que ces deux coefficients ont la même structure : dans le coefficient $f_M(x)$, au lieu de la fonction de Kœnigs, il intervient une fonction $\theta(x)$ complètement arbitraire.

Notre résultat est caractérisé encore par le fait que la variable indépendante n'est pas altérée, tandis que chez Appell on fait sur l'équation différentielle non seulement un changement de fonction, mais aussi de variable indépendante.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Opérateurs fonctionnels périodiques.* Note de M. **Michel Ghermanescu**, présentée par M. Henri Villat.

1. Considérons l'opérateur fonctionnel $\theta(z)$ et ses itérés *conséquents* $\theta_2(z)$, $\theta_3(z)$, ..., $\theta_n(z) = \theta_{n-1}(z)$, etc., ainsi que les itérés *antécédents* $\theta_{-1}(z)$, $\theta_{-2}(z)$, ..., $\theta_{-n}(z)$, etc.

Nous démontrons la proposition suivante :

Dans le champ des fonctions $\theta(z)$, méromorphes en z ou en $1/z$ (quotient de deux fonctions entières en z ou en $1/z$), les seules qui se reproduisent après p itérations successives sont de la forme

$$(1) \qquad \theta(z) = \frac{az+b}{cz+d}, \qquad ad - bc \neq 0,$$

lorsque a, b, c, d satisfont à la condition

(2) $$(a+d)(u^{p-1}-v^{p-1})-(ad-bc)(u^{p-2}-v^{p-2})=0,$$

où u et v sont les racines de l'équation

(3) $$u^2-(a+d)u+ad-bc=0, \qquad (a+d)^2\neq 4(ad-bc).$$

Donnons la démonstration pour $p=2$.

Soit $\theta(z)=P(z)/Q(z)$, avec

(4) $$\begin{cases} P(z)=a_0+a_1z+a_2z^2+\ldots+a_mz^m+\ldots, \\ Q(z)=b_0+b_1z+b_2z^2+\ldots+b_nz^n+\ldots, \end{cases}$$

les fonctions $P(z)$ et $Q(z)$ n'ayant pas de zéro commun. Considérons d'abord le cas où $P(z)$ et $Q(z)$ sont des polynomes de degrés m et n respectivement; on a

$$\theta_2(z)=\theta\left(\frac{P}{Q}\right)=\frac{P\left(\frac{P}{Q}\right)}{Q\left(\frac{P}{Q}\right)}=\frac{a_0Q^m+a_1Q^{m-1}P+\ldots+a_mP^m}{b_0Q^n+b_1Q^{n-1}P+\ldots+b_nP^n}Q^{n-m}\equiv z.$$

Comme les termes de la fraction sont premiers avec $Q(z)$, on doit avoir $m=n$. Soient alors $P(z_0)=0$, donc $Q(z_0)\neq 0$, $Q(z_1)=0$, donc $P(z_1)\neq 0$; on trouve $z_0=a_0/b_0$, $z_1=a_m/b_m$, de sorte que

$$P(z)=a_0\left(1-\frac{z}{z_0}\right)^m, \qquad Q(z)=b_0\left(1-\frac{z}{z_1}\right)^m,$$

$$\theta_2(z)=\frac{a_0z_1^m[a_0Q(z)-b_0P(z)]^m}{b_0z_0^m[a_mQ(z)-b_mP(z)]^m}\equiv z.$$

Si la fraction se réduit à un polynome, celui-ci est de degré m au moins, il faut donc avoir $m=1$.

Si $P(z)$, $Q(z)$ sont des fonctions entières, données par (4), soit encore $P(z_0)=0$, donc $Q(z_0)\neq 0$; on trouve, moyennant (5), $z_0=a_0/b_0$, donc $P(z)=a_0(1-z/z_0)^mP_1(z)$, $P_1(z)$ étant une fonction entière sans zéro et $P_1(0)=1$. On a

(5') $$\theta_2(z)=\frac{[a_0Q(z)-b_0P(z)]^mP_1\left(\frac{P}{Q}\right)}{a_0^{m-1}Q^m(z)Q\left(\frac{P}{Q}\right)}\equiv z.$$

$P_1(P/Q)$, $Q(P/Q)$ admettent les zéros de $Q(z)$ comme singularités essentielles isolées. On peut poser $Q=Q_1P_1$ et alors $\theta_2(z)$ devient une fraction ayant au numérateur la m^e puissance d'une fonction entière qui n'a pas de zéros communs avec $Q(z)$, tandis qu'au dénominateur figure la fonction $Q_1(P/Q)$, ayant comme singularités essentielles isolées justement les zéros de $Q_1(z)$. L'identité $\theta_2(z)\equiv z$ ne peut donc avoir lieu que si les singularités de $Q_1(P/Q)$ sont absorbées par les zéros de $Q_1^m(z)$ et réciproquement, ce qui revient à dire que le produit $t^{-m}Q_1(t)$ est fini pour t infini, donc $t^{-m-1}Q_1(t)$

tend vers zéro pour t infini. En posant $t = re^{i\varphi}$, $Q_1(t) = \mu(r, \varphi)e^{i\psi(\varphi, r)}$, c'est $r^{-m-1}\mu(r, \varphi)$ qui doit tendre vers zéro avec $1/r$, quel que soit l'argument φ, donc, aussi pour la valeur de φ qui rend $\mu(r, \varphi)$ maximum. Si $M(r)$ est le maximum de $\mu(r, \varphi)$, on doit donc avoir aussi $r^{-m-1}M(r) \to 0$ pour r infini, de sorte que $Q_1(t)$ se réduit à un polynome de degré m au plus, en vertu du théorème bien connu de *Liouville*. On peut prendre alors $P_1(z) \equiv 1$.

Si P et Q sont entières en $1/z$, on raisonne de la même manière, en renversant les rôles de P et de Q, quant à leurs zéros.

2. Pour la détermination de la fonction $\theta(z)$, de la forme (1), telle que $\theta_p(z) = z$, on trouve $\theta_n(z) = (a_{n-1}z + b_{n-1})(c_{n-1}z + d_{n-1})$, avec

$$a_n = aa_{n-1} + cb_{n-1}, \quad b_n = ba_{n-1} + db_{n-1}, \quad c_n = ac_{n-1} + cd_{n-1}, \quad d_n = bc_{n-1} + dd_{n-1},$$

desquelles on déduit que a_n, b_n, c_n, d_n satisfont à la même relation

$$u_{n+1} - (a + d)u_n + (ad - bc)u_{n-1} = 0,$$

qui donne des expressions de la forme $Au^n + Bv^n$ pour a_n, b_n, c_n, d_n, lorsque les racines u et v de (3) sont distinctes. On a ensuite $\theta_p(z) = z$ lorsque $b_{p-1} = c_{p-1} = 0$, $a_{p-1} = d_{p-1}$, conditions qui conduisent à (2). On démontre facilement que (3) ne peut avoir ses racines égales.

3. M. Maurice Parodi a considéré plusieurs équations intégrales singulières de *Fredholm* (¹)

$$f(p) + \lambda\int_0^\infty K(t, x)f(x)\,dx = g(t),$$

dont le noyau $K(t, x)$ admet comme image la fonction $\rho(p)e^{-x\theta(p)}$ dans le symbolisme de *Heaviside*, — qu'il réduit à l'équation fonctionnelle

$$\varphi(p) + \lambda\rho(p)\varphi[\theta(p)] = \psi(p),$$

où $\varphi(p)$ et $\psi(p)$ sont les images de $f(t)$ et $g(t)$. M. M. Parodi donne la solution de cette équation fonctionnelle lorsque $\theta_2(p) = p$ ou $\theta_3(p) = p$. Notre proposition donne ainsi une classe étendue d'équations intégrales singulières de *Fredholm*, résolubles par la méthode de M. M. Parodi.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Le degré de ramification d'une surface de Riemann et la croissance de la caractéristique de la fonction uniformisante.* Note (*) de M. Le Van Thiem, présentée par M. Paul Montel.

L'étude du problème de type a montré qu'une forte ramification de la surface favorise le cas hyperbolique. Pour un type donné, l'influence de la ramification agit sur la croissance de la caractéristique $T(r)$ de la fonction uniformisante $w = f(z)$.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 43, 153, 1237.

(*) Séance du 14 mars 1949.

L'intensification de la ramification accélère la croissance de T(r) *dans le cas parabolique et la retarde dans le cas hyperbolique.*

Cette hypothèse a été suggérée par l'étude des surfaces à un nombre fini q de points fondamentaux de ramification $w_1, w_2, \ldots, w_q$. Pour ces surfaces, on peut définir, à partir de la représentation par réseau de Speiser-Nevanlinna, une fonction nodale $\mu(n)$, dont la croissance avec n est plus ou moins rapide selon que la ramification de la surface est plus ou moins forte : $\mu(n)$ est le nombre des nœuds de la $n^{\text{ième}}$ génération du réseau.

Dans le cas parabolique, des exemples nombreux justifient l'hypothèse. Pour le cas hyperbolique, le seul exemple connu vérifiant cette hypothèse est constitué par les surfaces de recouvrement universel du plan pointé en q points (*fig.* 1).

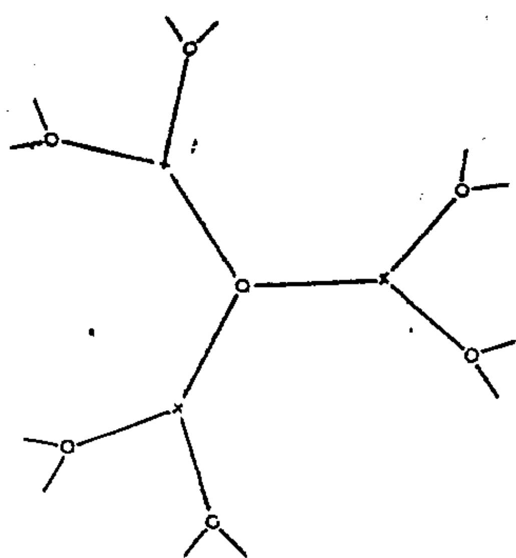


Fig. 1. $q = 3$.

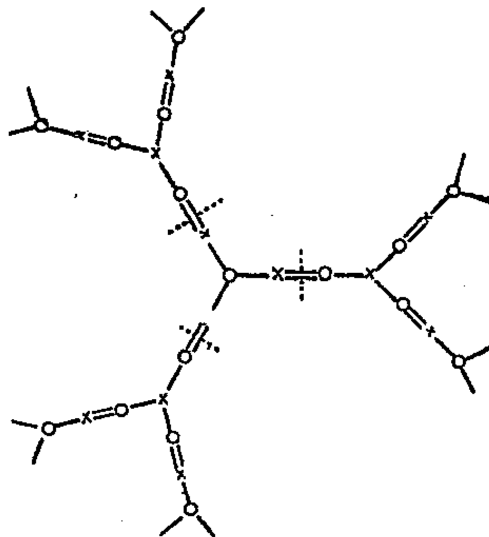


Fig. 2. $q = 3$, $h = 1$.

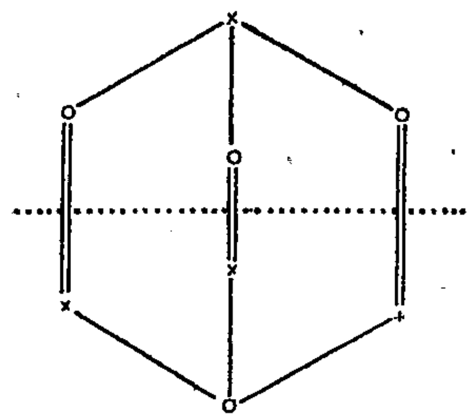


Fig. 3.

La surface est d'autant plus ramifiée que q est plus grand : $\mu(n) = q(q-1)^{n-1}$. T(r) croît effectivement d'autant moins vite que q est plus grand :

$$T(r) \cong \frac{1}{q-2} \log \frac{1}{1-r} \ (^1).$$

Donnons un autre exemple. Partant des surfaces précédentes, nous pouvons, en laissant q fixe, faire varier la croissance de $\mu(n)$ en raréfiant les points de ramification logarithmiques par l'introduction de points réguliers sur les points fondamentaux w_i. Cette opération se traduit dans le réseau par l'insertion de nœuds non ramifiés entre les nœuds ramifiés (*fig.* 2). Le type des surfaces obtenues dépend de l'intensité de cette raréfaction. En particulier, la surface est hyperbolique, si le nombre de nœuds insérés entre deux nœuds consécutifs est constant (²). Soit $2h$, ce nombre nécessairement pair, et W_h, la surface

(¹) R. NEVANLINNA, *Le théorème de Picard-Borel*, Gauthier-Villars, 1929.

(²) LE VAN THIEM, *Comm. Math. Helv.*, Vol. 20, 1947, p. 270-287.

correspondante, uniformisée par $w_h(z)$. Pour $h=0$, nous retrouvons la surface initiale W_0.

Pour W_h, $\mu(n)=q(q-1)^{[n-1/2h+1]}$ où $(n-1)/(2h+1)$ désigne la partie entière de $(n-1)/(2h+1)$; la surface est d'autant moins ramifiée que h est plus grand. Le calcul de $w_h(z)$ montrera que $T_h(r)$ croît d'autant plus vite que h est plus grand. Utilisons le calcul par lequel M. Nevanlinna a obtenu l'expression explicite de l'uniformisante de certaines surfaces de Riemann à q bouts logarithmiques (³). Pour simplifier, supposons que les q points fondamentaux soient les racines $q^{\text{ièmes}}$ de l'unité : $w_i=\varepsilon_i$ $(i=1, 2, \ldots, q-1)$, et que le cercle-unité limite les demi-feuillets de la surface représentés par les nœuds du réseau de W_h.

Dans ce réseau, le nœud ramifié central est lié aux q nœuds ramifiés voisins par q chaînes de $2h$ nœuds non ramifiés. En coupant ces chaînes en leurs milieux (*fig.* 2), nous isolons une partie du réseau que nous appelons élément du réseau. Cet élément représente un certain nombre de demi-feuillets reliés les uns aux autres que nous appelons un élément de la surface. Si nous avions une représentation de cet élément sur le cercle-unité, son prolongement analytique par le principe de symétrie donnerait une représentation de W_h sur W_0.

Pour obtenir cette représentation, reprenons l'élément du réseau, supposé tracé sur la sphère de Riemann, le nœud central au pôle Sud et les bouts libres sur le cercle équatorial. En prenant la figure symétrique par rapport au cercle équatorial, nous obtenons le réseau complet d'une surface fermée (*fig.* 3) que nous représentons sur le plan des z. La fonction uniformisante est rationnelle. Les conditions : $R_h(0)=0$ et $R_h(\varepsilon_\nu)=\varepsilon_\nu$, la déterminent d'une façon unique. Le réseau ayant $2(hq+1)$ nœuds, la surface fermée possède $hq+1$ feuillets : $R_h(z)$ est donc de degré $hq+1$. Elle possède au point ε_ν un point critique d'ordre $2h$. Comme $R_h(z)=R_h(\varepsilon_\nu z)=R_h(\bar{z})=R_h(1/z)$, on trouve [*voir* note (³)] :

$$R_h(z)=z\frac{a_h^h z^{hq}+a_{h-1}^h z^{(h-1)q}+\ldots+a_0^h}{b_h^h z^{hq}+b_{h-1}^h z^{(h-1)q}+\ldots+b_0^h},$$

avec

$$\frac{1}{a_\nu^h}=q^h\nu\,!\,(h-\nu)\,!\,(q+1)\ldots(\nu q+1)(q-1)\ldots[(h-\nu)q-1]$$

et

$$\frac{1}{b_\nu^h}=q^h\nu\,!\,(h-\nu)\,!\,(q-1)\ldots(\nu q-1)(q+1)\ldots[(h-\nu)q+1].$$

Comme $a_\mu^h=b_{h-\mu}^h$, on a bien : $|R_h(z)|=1$ pour $|z|=1$: l'élément considéré est bien représenté sur le cercle-unité. On a donc $w_h(z)=R_h[w_0(z)]$. Il en

(³) R. NEVANLINNA, *Acta Math.*, 55, 1930, p. 259-276.

résulte que

$$T_h(r) \cong (qh+1)\,T_0(r) \cong \frac{qh+1}{q-2}\log\frac{1}{1-r}.$$

Donc, plus h est grand, c'est-à-dire moins ramifiée est la surface, plus vite croît $T_h(r)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de séries de polynomes.* Note de M. **Yves Martin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous nous proposons d'étudier les séries d'interpolation

$$(1)\qquad \sum_1^\infty a_n P_n(z), \quad P_n(z) \equiv \prod_1^n \left(1-\frac{z}{\lambda_i}\right),$$

les λ_i formant une suite croissante de nombres réels, positifs, tendant vers l'infini

$$0<\lambda_1<\lambda_2<\ldots<\lambda_n<\lambda_{n+1}<\ldots, \qquad \lim_{n=\infty}\lambda_n=+\infty.$$

1° Si la série $\sum_1^\infty \frac{1}{\lambda_n}$ converge, on peut établir le théorème suivant : *si la série* (1) *converge pour* $z=z_0\neq\lambda_i$, *la série* (1) *converge uniformément dans tout domaine borné. Le domaine de convergence de la série* (1) *est donc soit le plan entier, soit la suite de points* $z=\lambda_i$. *Il en est de même pour le domaine de convergence absolue.*

2° Si la série $\sum_1^\infty \frac{1}{\lambda_n}$ diverge, on a les théorèmes :

I. *Si la série* (1) *converge pour* $z=z_0\neq\lambda_i$, *elle converge uniformément pour* $z=z_0+re^{i\varphi}$ *avec* $0\leq r\leq R$ *quel que soit* $R>0$; $-\pi/2+\eta\leq\varphi\leq\pi/2-\eta$, $\eta>0$.

La restriction $z_0\neq\lambda_i$ *est nécessaire en ce sens qu'il existe des séries qui convergent pour* $\mathcal{R}(z)>\lambda_i$ *et* $z=\lambda_i$ *et présentant une discontinuité pour* $z=\lambda_i$. *La série* (1) *présente donc une abscisse de convergence* $\mathcal{R}(z)=\lambda$ (λ *pouvant être égale à* $\pm\infty$).

II. *La série* (1) *présente également une abscisse de convergence absolue* $\lambda'\geq\lambda$. *La bande de convergence simple* $\lambda<\mathcal{R}(z)<\lambda'$ *a une épaisseur maximum* δ, *égale à l'exposant de convergence de la suite* e^{-S_n} *avec* $S_n=\sum_1^n\frac{1}{\lambda_i}$. *Si* D_i *et* D_s *désignent les densités inférieure et supérieure de la suite* λ_n, *on a la double inégalité* $1/D_s\leq\delta\leq 1/D_i$, *qui ne peut être améliorée.*

III. *Les abscisses de convergence simple et absolue* λ et λ' *se déterminent à partir des coefficients* a_n *par les égalités suivantes : soient* $\lambda(x)$ *une fonction continue,*

croissante définie pour $x \geqq 1$ *et telle que* $\lambda(n) = \lambda_n$:

$$F(n) = \int_1^n \frac{dx}{\lambda(x)};$$

$$\alpha = \limsup_{n=\infty} \frac{\log \left| \sum_0^n a_\nu \right|}{F(n)} \qquad (0 \leqq \alpha \leqq \infty),$$

$$\beta = \limsup_{n=\infty} \frac{\log \left| \sum_n^\infty a_\nu \right|}{F(n)} \qquad (-\infty \leqq \beta \leqq 0).$$

$\lambda = \alpha$ *si* $\lambda \geqq 0$.

$\lambda = \beta$ *si* $\sum_1^\infty a_n$ *converge.*

On obtient un résultat analogue pour λ' *en remplaçant* a_n *par* $|a_n|$ *dans les expressions de* α *et* β.

TOPOLOGIE. — *Sur les solutions périodiques de certains systèmes différentiels canoniques.* Note (*) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Elie Cartan.

Cette Note a pour objet d'appliquer à des problèmes plus spéciaux les résultats d'une Note antérieure [1], dont nous utiliserons les définitions et les notations.

Supposons donc que le champ E_μ [1] *soit associé à une fonction de Hamilton* $H_\mu(p_i, q_i)$ où p_i, $q_i (i = 1, \ldots, q)$ sont des coordonnées locales dans $V_n (n = 2q)$. On voit de suite qu'on peut trouver de nouvelles coordonnées locales, canoniquement conjuguées, P_i, $Q_i (i = 1, \ldots, q-1)$ P et h, de sorte que les équations différentielles de E_μ s'écrivent :

$$(1) \qquad \begin{cases} dP_i = -\dfrac{\partial H_\mu}{\partial Q_i} dt, & dQ_i = \dfrac{\partial H_\mu}{\partial P_i} dt, \\ dh = \dfrac{\partial H_\mu}{\partial P} dt \quad \text{et} & dP = -\dfrac{\partial H_\mu}{\partial h} dt, \end{cases}$$

où pour $\mu = 0$ ce système se réduit à :

$$dP_i = 0, \qquad dQ_i = 0, \qquad dh = 0.$$

Nous pouvons interpréter P_i, Q_i, h comme des coordonnées locales dans la base V_{n-1} de la fibration de V_n par les trajectoires de E_0.

Posons $\overline{H} = (\partial H_\mu / \partial \mu)_{\mu=0}$; le champ $\overline{E}$ sera défini par les équations (1) où l'on

(*) Séance du 28 mars 1949.

[1] *Cf.* G. Reeb, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1097.

aura substitué à la fonction H_μ la fonction $\widetilde{H}$ définie par

$$\widetilde{H}(P_i, Q_i, h) = \int_S \overline{H}(P_i, Q_i, P, h)\, dt,$$

où S est la fibre de V_n qui se projette au point de coordonnées P_i, Q_i, h.

Ces équations s'écrivent donc :

$$dP_i = -\left(\frac{\partial \widetilde{H}}{\partial Q_i}\right) dt, \qquad dQ_i = \left(\frac{\partial \widetilde{H}}{\partial P_i}\right) dt, \qquad dh = 0.$$

Soit W_μ la variété d'équation $H_\mu = h_0$ (const.), et supposons W_0 compacte, et sans singularités. Il existe dans ces conditions $\mu_1 > 0$, et une application ψ d'un voisinage W de W_0 sur W_0, se réduisant sur W_0 à l'identité, la restriction ψ_μ de ψ à W_μ étant un homéomorphisme. Soit E^1_μ le champ sur W_0 défini par $E^1_\mu = \psi_\mu(E'_\mu)$, où E'_μ est la restriction de E_μ à W_μ. On vérifie que le champ $\widetilde{E}^1$ associé à E^1_μ comme $\widetilde{E}$ est associé à E_μ, est la restriction de $\widetilde{E}$ à la variété W'_0 de V_{n-1} définie par l'équation $h = h_0$; ou encore le champ $\widetilde{E}^1$ est défini par les équations :

$$(2) \qquad dP_i = -\left(\frac{\partial \widetilde{H}}{\partial Q_i}\right) dt, \qquad dQ_i = \left(\frac{\partial \widetilde{H}}{\partial P_i}\right) dt.$$

Nous pouvons appliquer au champ E^1_μ les résultats de la Note [1], mais nous remarquons de plus que *toute singularité du champ* $\widetilde{E}^1$ *est une singularité de la fonction* $\widetilde{H}$ et réciproquement, en particulier à chaque singularité de $\widetilde{E}^1$ on peut associer les nombres types des diverses dimensions.

Si donc nous supposons que les singularités de $\widetilde{H}$ sont non dégénérées (donc chacune est caractérisée par l'indice de la forme quadratique associée), nous pouvons compléter le théorème III de [1], en tenant compte *des résultats classiques de Morse*, ainsi [2] :

THÉORÈME 1. — *Avec les hypothèses précédentes, il existe* $\mu_1 > 0$ *tel, que pourvu que* $\mu < \mu_1$, *le nombre des trajectoires simplement fermées de* E_μ, *vérifiant la relation* $H_\mu = h_0$, *est supérieur ou égal à la somme des nombres de Betti* (mod. 2) de W'_0.

On peut illustrer ceci sur l'exemple suivant : soit S_n la sphère définie par l'équation cartésienne $x_1^2 + \ldots + x_{n+1}^2 = 1$ dans l'espace euclidien R^{n+1} à $n+1$ dimensions. Désignons par S^*_n l'espace des vecteurs tangents à S_n dans R^{n+1}, un élément de S^*_n peut être caractérisé par les composantes $(x_1, \ldots, x_{n+1}, u_1, \ldots, u_{n+1})$, où les x_i sont les coordonnées de l'origine du vecteur de composantes $u_1, \ldots, u_{n+1}$. Les x_i et les u_i vérifient donc les deux

(2) Remarquer que $\widetilde{H}$ admet au moins un point singulier correspondant à un maximum (resp. minimum); la trajectoire correspondante jouit de certaines propriétés de stabilité. *Voir* aussi les remarques (4) et (1) de la Note (1).

relations $x_1^2+\ldots+x_{n+1}^2=1$ et $u_1x_1+\ldots+u_{n+1}x_{n+1}=0$. Considérons la fonction $H_\mu(x_i, u_i)$ définie sur S_n par les relations :

$$H_\mu = H + \mu H^* \quad \text{où} \quad H = u_1^2+\ldots+u_{n+1}^2 \quad \text{et} \quad H^* = \sum_{i,j} \alpha_{ij} u_i u_j$$

(les α_{ij} étant des fonctions des x_i). Les trajectoires associées à H_μ sont les géodésiques de la variété S_n munie de la forme fondamentale

$$ds^2 = dx_1^2+\ldots+dx_n^2+\mu\sum_{i,j}\alpha_{ij}\,dx_i\,dx_j,$$

et en particulier si $\mu=0$ on obtient les grands cercles de S_n.

Dans ces conditions, la variété W_0 d'équation $H=h_0=1$ est compacte et W'_0 *est homéomorphe à l'espace des grands cercles orientés de* S_n, *et constitue un revêtement à deux feuillets de la variété* W''_0 *des grands cercles non orientés de* S_n. La fonction H^* étant fonction paire des u_i, on voit que $\tilde{H}$ prend les mêmes valeurs en deux points de W'_0 qui se projettent sur un même point de W''_0. La somme Σ des nombres types des singularités de $\tilde{H}$ est donc supérieure ou égale au double de la somme des nombres de Betti de W''_0, c'est-à-dire $\Sigma \geqq n(n+1)$.

Remarquons que les trajectoires de H ont pour équations paramétriques,

$$(3) \qquad x_i = A_i\cos t + B_i \sin t, \qquad u_i = B_i\cos t - A_i \sin t,$$

où A_i, B_i sont coordonnées d'un point de la trajectoire considérée.

D'où l'on déduit facilement l'expression de $\tilde{H}$,

$$\tilde{H} = \int_0^{2\pi} H^*(x_i, u_i)\,dt,$$

où x_i et u_i sont remplacées par leurs valeurs tirées de (3).

En appliquant ceci au cas particulier où $H^* = \sum_i \alpha_i u_i^2$ (tous les α_i distincts et constants) on retrouve les $n(n+1)$ ellipses principales (orientées) de l'ellipsoïde E_n.

MÉCANIQUE. — *Complément à un travail sur la stabilité.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un travail antérieur ([1]) nous avons donné des conditions suffisantes pour que l'équation, dont le premier membre est un déterminant d'ordre n à éléments réels, a_{ij},

$$(1) \qquad \| a_{ij} + \delta_{ij} z \| = 0 \qquad (\delta_{ij}, \text{ symbole de Kronecker})$$

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 51.

ait toutes ses racines à partie réelle négative $\left(a_{ii}>0,\ a_{ii}>\sum_{i\neq j}|a_{ij}|,\ i=1, 2, \ldots, n\right)$ et signalé que toutes ses racines se trouvaient à l'intérieur du domaine limité par l'ensemble des cercles C_i de centre $(-a_{ii}, 0)$ et de rayon $\sum_{i\neq j}|a_{ij}|$ dans le plan complexe de la variable z; nous avons de plus montré comment, en jouant sur les valeurs des éléments d'une ligne convenablement choisie, on pouvait parvenir à une stabilité aussi satisfaisante que l'on souhaitait.

Dans le cas où l'équation (1) a toutes ses racines à partie réelle négative, mais, soit que le domaine des cercles C_i se trouve tangent à l'axe imaginaire et que les conditions physiques du problème ne permettent pas de jouer sur les éléments d'une ligne pour améliorer la stabilité, soit que cette propriété de l'équation (1) résulte d'autres conditions que celles que nous avons énoncées, il est intéressant de pouvoir délimiter une zone entourant l'origine à l'intérieur de laquelle ne peuvent se trouver les racines de l'équation (1). Nous nous proposons dans cette Note de répondre à cette question.

Reprenons un résultat dû à M. Ostrowski [2].

Considérons une matrice $(A)=(a_{ij})$ de déterminant A différent de zéro et supposons que l'on ajoute aux éléments a_{ij} de (A) de petites quantités η_{ij} formant une matrice (D); M. Ostrowski a donné des conditions suffisantes pour que la matrice

$$(\mathfrak{A})=(A)+(D)=(a_{ij}+\eta_{ij})$$

soit régulière.

Il a établi que tant que les η_{ij} restaient, en module, inférieurs à

$$d=\frac{1}{\sum_{i,j}\left|\frac{A_{ij}}{A}\right|}, \tag{2}$$

A_{ij} étant un mineur de A [A_{ij}/A étant par suite un élément de la matrice inverse $(A)^{-1}$ de (A)], le déterminant de $\mathfrak{A}$ ne pouvait s'annuler.

Soit alors une matrice (a_{ij}) telle que son déterminant soit positif et que les racines de

$$\| a_{ij}+\delta_{ij}z \| = 0$$

soient toutes à partie réelle négative, il est clair d'après le résultat de M. Ostrowski, que tant que z restera en module inférieur à la limite précédente d, le déterminant

$$\| a_{ij}+\delta_{ij}z \|$$

ne pourra s'annuler et restera positif.

---

(2) *Bull. Sci. Math.*, 61, 1937, p. 19.

On pourra donc tracer un cercle de rayon d donné par la relation (2), centré sur l'origine, dans le plan complexe de z, à l'intérieur duquel ne pourra se trouver une racine de (1).

Ce résultat donne donc des renseignements utiles sur la distribution des racines autour de l'origine et par suite sur la qualité de la stabilité du système dont le comportement est régi par l'équation (1).

MÉCANIQUE. — *Remarque sur les valeurs propres des matrices.* Note de M. **Udo Wegner**, présentée par M. Jean Chazy.

Pour déterminer s'il y a stabilité d'un système dynamique, il faut savoir si les valeurs caractéristiques λ_i d'une matrice

$$A = [a_{ik}],$$

composée, en général, d'éléments complexes, ont des parties réelles toutes négatives. Les critères connus jusqu'à ce jour exigent tous la connaissance du polynome caractéristique, mais la détermination de ce polynome demande un calcul long et pénible. Nous indiquons ici un procédé nouveau et plus avantageux : il évite le calcul du polynome caractéristique, et nécessite seulement, en substance, la détermination de la matrice inverse de A — E, E désignant la matrice unité, et le calcul par itération du plus grand module des valeurs caractéristiques ω_i de la matrice

$$B = [A - E]^{-1}[A + E].$$

Il y a stabilité si ce plus grand module est inférieur à 1.

En effet, la représentation conforme

$$\omega = \frac{\lambda + 1}{\lambda - 1},$$

qui transforme la matrice A en la matrice B, transforme les valeurs caractéristiques λ_i de A en les valeurs caractéristiques ω_i de B. Il résulte que les valeurs caractéristiques de A auront leur partie réelle négative si, et seulement si les valeurs caractéristiques de B sont situées, dans le plan de la variable ω, à l'intérieur du cercle unité. Or la valeur caractéristique ω de plus grand module peut être calculée facilement par itération en partant d'une certaine colonne X_0. Par exemple, il y a instabilité si les itérées $B^p X_0$ de X_0 par la matrice B ont une valeur absolue qui augmente indéfiniment avec p.

AÉRODYNAMIQUE SUPERSONIQUE. — *Étude de certains mouvements vibratoires harmoniques à l'aide d'une correspondance avec les mouvements homogènes.* Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Roger Bader**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Le potentiel de perturbation φ d'un mouvement vibratoire harmonique linéarisé satisfait à l'équation des ondes amorties

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}-\frac{1}{\beta^2}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2}\right)+k^2\varphi=0,\qquad \beta^2=M^2-1,\qquad k^2=\frac{\omega^2\sin^2\alpha}{V^2\cos^4\alpha},$$

où M est le nombre de Mach, α l'angle de Mach, ω la pulsation des vibrations, V la vitesse de l'obstacle.

Dans l'étude du problème purement portant relatif à une surface vibrante S (aplatie sur le plan Oxy)

$$f(x,y)\,e^{i\omega t}-z=0,$$

on est amené à rechercher une solution particulière nulle ainsi que ses dérivées du premier ordre dans un plan $x=-A$, A suffisament grand, telle que

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)_{z=0}=\left(V\frac{\partial f}{\partial x}+i\omega f\right)e^{i\omega\frac{xM^2}{V\beta^2}},\quad\text{sur S}$$

et que

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)_{z=0}=0,\quad\text{à l'extérieur de S.}$$

2. Utilisons d'abord la méthode de la solution fondamentale (¹). Dans le cas d'un obstacle à contours totalement supersoniques, φ est défini par l'identité

$$\varphi(\xi,\eta,\zeta)=-\frac{1}{\pi}\iint_h\frac{\partial\varphi(x,y,0)}{\partial z}\,\frac{\cos k\sqrt{(\xi-x)^2-\beta^2(\eta-y)^2-\beta^2\zeta^2}}{\sqrt{(\xi-x)^2-\beta^2(\eta-y)^2-\beta^2\zeta^2}},$$

h étant l'intersection de l'avant-cône de Mach du point (ξ,η,ζ) avec le plan $z=0$. Mais dans le cas général on est conduit à inverser une équation intégrale de la forme

$$F(\lambda_0\mu_0)=\int_c^{\lambda_0}d\lambda\int_{b(\lambda)}^{\mu_0}d\mu\,f(\lambda,\mu)\frac{\cos k\sqrt{(\lambda_0-\lambda)(\mu_0-\mu)}}{\sqrt{(\lambda_0-\lambda)(\mu_0-\mu)}},\qquad x-\beta y=\lambda,\qquad x+\beta y=\mu.$$

Cette équation n'a pu être inversée explicitement que dans le cas où $b(\lambda)$ est constant; on trouve alors (en utilisant par exemple le calcul symbolique) (²)

$$f(\lambda,\mu)=\frac{1}{\pi^2}\frac{\partial}{\partial\lambda}\frac{\partial}{\partial\mu}\int_c^{\lambda}d\lambda_0\int_b^{\mu}d\mu_0\,F(\lambda_0\mu_0)\,K[(\lambda_0-\lambda)(\mu_0-\mu)],$$

(*) Séance du 28 mars 1949.

(¹) P. Germain et R. Bader, *Théorie générale de l'écoulement supersonique autour d'un obstacle aplati sur un plan* (*Rapport O. N. E. R. A.* 1/1155 A, 1948).

(²) Cette inversion intervient dans la solution du problème inverse, savoir : connaissant la répartition des pressions sur S trouver la forme de S. *Voir* aussi Krassilchtchikova, *C. R. U. R. S. S.*, 58, n° 5, p. 761.

avec

$$K(t) = \frac{\cos k\sqrt{t}}{\sqrt{t}} + \frac{k}{2}\int_0^t \frac{\cos k\sqrt{t-\tau}}{\sqrt{t-\tau}}\,\frac{\operatorname{Sh} k\sqrt{\tau}}{\sqrt{\tau}}\,d\tau.$$

3. Par la méthode de la séparation des variables, qui conduit aux mouvements homogènes ([3]) dans le cas stationnaire, on peut mettre une solution d'ordre n sous la forme

$$\varphi_n = x^n H_n(\chi, \theta)\, F_{n+\frac{1}{2}}(2k^2 u),$$

avec

$$x = \beta r\chi, \qquad y = r\cos\theta, \qquad z = r\sin\theta, \qquad 2u = x^2 - \beta^2 r^2,$$

$F_{n+1/2}(t^2)$ proportionnel à $J_{n+1/2}(t)/t^{n+1/2}$, $F_{n+1/2}(0) = 1$, et où $\overline{\varphi}_n = x^n H_n(\chi, \theta)$ est la solution correspondant au cas stationnaire ($k = 0$) et qui représente donc un mouvement homogène d'ordre n.

Par suite, à toute solution pour $k = 0$, fournie par la superposition de mouvements homogènes

$$\overline{\varphi} = \sum_{n=0}^{\infty} \overline{\varphi}_n,$$

correspondra une solution pour $k \neq 0$ fournie par

$$\varphi = \sum_{n=0}^{\infty} \overline{\varphi}_n F_{n+\frac{1}{2}}(2k^2 u),$$

sous réserve de convergence.

Si S est un angle de sommet O comprenant Ox [$(\varphi)_{z=0} = 0$ entraîne alors par correspondance $(\overline{\varphi})_{z=0} = 0$, à l'extérieur de S] la connaissance, sur S, de $(\partial\varphi/\partial z)_{z=0}$ développé en $x^n F_{n+(1/2)}(2k^2 U)$ détermine par correspondance la condition aux limites pour chaque $\overline{\varphi}_n$; on a en effet

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)_{z=0} = \sum_0^{\infty} \beta x^{n-1} \frac{\partial H_n(\eta, 0)}{\partial\zeta} F_{n+\frac{1}{2}}, \qquad \eta = \frac{\beta y}{x}, \qquad \zeta = \frac{\beta z}{x}.$$

On obtient, par exemple, très facilement ce développement toutes les fois que $(\partial\varphi/\partial z)_{z=0}$ sera somme d'expressions de la forme $x^n e^{i\lambda x}$ en utilisant l'identité connue

$$e^{ihs\sigma} = \sqrt{2\pi}\sum_0^{\infty}\left(n + \frac{1}{2}\right) i^n \frac{J_{n+\frac{1}{2}}(hs)}{\sqrt{hs}} P_n(\sigma).$$

Les mouvements homogènes à calculer sont alors tous élémentaires.

Par superposition, on peut étudier des surfaces de forme en plan plus générale à partir des mouvements de ce type comme dans le cas stationnaire à partir des mouvements coniques et homogènes.

([3]) P. Germain, *La Théorie des Mouvements homogènes* (*La recherche aéronautique*, 1949, n° 7).

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'angle des axes magnétique et de rotation des astres.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le fait que l'axe magnétique des astres ne coïncide pas exactement avec l'axe de rotation (il est bien connu que les deux axes font un angle de 11°,5 pour la Terre et d'environ 5° pour le Soleil) peut sembler à première vue contraire à la théorie des rapports entre gravitation et électromagnétisme ([1]) que nous avons déduite comme une ramification de notre théorie unitaire ([2]), et d'après laquelle le champ magnétique général des astres est une conséquence fondamentale de leur rotation. En réalité, nous allons voir que les bases de la théorie exigent précisément que l'axe magnétique soit en général incliné par rapport à l'axe de rotation. Considérons à nouveau les équations fondamentales de Codazzi de la Géométrie différentielle. Soient g_{ik} et ω_{ik} les tenseurs métriques interne et externe d'une hypersurface. Pour un espace de classe 1 (comme l'espace-temps) et en posant $2\,A^i_k \equiv g^{il}\omega_{lk}$ ces équations s'écrivent ([3])

$$(1)\qquad \frac{\partial\omega_{ik}}{\partial x^j}-\frac{\partial\omega_{ij}}{\partial x^k}=A^h_k\left(\frac{\partial g_{ih}}{\partial x^j}-\frac{\partial g_{ij}}{\partial x^h}+\frac{\partial g_{jh}}{\partial x^i}\right)-A^h_j\left(\frac{\partial g_{ih}}{\partial x^k}-\frac{\partial g_{ik}}{\partial x^h}+\frac{\partial g_{kh}}{\partial x^i}\right),$$

d'où l'on déduit pour un domaine quasi statique de l'espace-temps

$$(2)\qquad \frac{\partial_{4l}\omega}{\partial x^j}-\frac{\partial\omega_{4j}}{\partial x^l}=(A^j_j+A^l_l)\left(\frac{\partial g_{4l}}{\partial x^j}-\frac{\partial g_{4j}}{\partial x^l}\right)+A\left(\frac{\partial g_{4i}}{\partial x^j}-\frac{\partial g_{4j}}{\partial x^i}\right)$$
$$+A^i_j\left(\frac{\partial g_{4l}}{\partial x^i}-\frac{\partial g_{4i}}{\partial x^l}\right)+A^4_l\frac{\partial g_{44}}{\partial x^j}-A^4_j\frac{\partial g_{44}}{\partial x^l},$$

i, j, l étant ici une permutation circulaire de 1, 2, 3.

D'après notre théorie unitaire ([2]), le champ magnétique H_i est donné ([4]) dans le cas quasi statique par

$$(3)\qquad H_i=\frac{1}{\chi_0\sqrt{-1}}\,\frac{(m_0)_e c^2}{e}\left(\frac{\partial\omega_{4l}}{\partial x^j}-\frac{\partial\omega_{4j}}{\partial x^l}\right).$$

D'après (2) $A^j_j+A^l_l$ se comporte, dans un changement purement spatial des coordonnées, comme un scalaire ξ. On déduit donc de (2)

$$(4)\qquad H_i=\frac{1}{\chi_0\sqrt{-1}}\,\frac{(m_0)_e c^2}{e}\left\{\xi\left(\frac{\partial g_{4l}}{\partial x_j}-\frac{\partial g_{4j}}{\partial x^l}\right)+A^i_l\left(\frac{\partial g_{4l}}{\partial x^j}-\frac{\partial g_{4j}}{\partial x^i}\right)\right.$$
$$\left.+A^i_j\left(\frac{\partial g_{4l}}{\partial x^i}-\frac{\partial g_{4i}}{\partial x^l}\right)+A^4_l\frac{\partial g_{44}}{\partial x^j}-A^4_j\frac{\partial g_{44}}{\partial x^l}\right\}.$$

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1813; 225, 1947, p. 924; 226, 1948, p. 645, 1298, 2126.

([2]) *Portugaliæ Phys.*, 2, 1946, p. 1-98; *Portugaliæ Math.*, 5, 1946, p. 145-192; 6, 1947, p. 67-114; 7, 1948, p. 1-44; *Bul. Soc. Port. Math.*, (A), 1946, p. 29-40.

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 742.

([4]) Pour les notations, voir *Comptes rendus*, *loc. cit.*

Pour une sphère en rotation sans aimantation permanente on a ([4])

$$(5)\qquad g_{4l} = 2\frac{K}{c^3\sqrt{-1}}\gamma M_{\text{rot}}\frac{1}{r^3}(u_j x_l - u_l x_j) \qquad (i = 1, 2, 3).$$

En tenant compte de (5) et de la relation $c^2\,\partial g_{44}/\partial x^i = 2KM(x_i/r^3)$ qui exprime les dérivées du g_{44} d'une sphère de masse M, (4) donne facilement les composantes cartésiennes rectangulaires de $\overrightarrow{H}$ (H_3 suivant l'axe de rotation, φ latitude, λ longitude) :

$$H_1 = -\frac{2(m_0)_e K\gamma M_{\text{rot}}}{\chi_0 e c r^3}[3(\xi\cos\lambda - A_2^1\sin\lambda)\sin\varphi\cos\varphi - A_3^1(3\sin^2\varphi - 1)]$$
$$+\frac{2(m_0)_e KM}{\chi_0 e r^2\sqrt{-1}}(A_3^4\cos\varphi\sin\lambda - A_2^4\sin\varphi),$$

$$H_3 = -\frac{2(m_0)_e K\gamma M_{\text{rot}}}{\chi_0 e c r^3}[\xi(3\sin^2\varphi - 1) - 3(A_2^3\sin\lambda - A_1^3\cos\lambda)\sin\varphi\cos\varphi]$$
$$+\frac{2(m_0)_e KM}{\chi_0 e r^2\sqrt{-1}}(A_2^4\cos\lambda - A_1^4\sin\lambda)\cos\varphi$$

(il est inutile d'écrire H_2 qui n'intervient pas dans le calcul).

On sait ([3]) que les composantes non diagonales de A_k^i sont en général du second ordre par rapport aux composantes diagonales. En les négligeant on obtient le champ analysé précédemment ([1]), ([3]) dont l'axe coïncide avec l'axe de rotation. Aux pôles magnétiques ($\varphi = \varphi_p$) le champ est normal à la surface et l'on a les conditions $H_2 = 0$, $H_1\sin\varphi - H_3\cos\varphi = 0$. En posant $\lambda = 0$ pour le méridien passant par les pôles magnétiques, la deuxième condition s'écrit

$$(6)\qquad 3(A_1^3 - A_3^1)\sin\varphi_p\cos^2\varphi_p + 2A_3^1\sin\varphi_p - \xi\cos\varphi_p = \frac{Mc}{\gamma M_{\text{rot}}}\left(\frac{rA_2^4}{\sqrt{-1}}\right).$$

Pour les raisons indiquées plus haut, les termes en A_1^3 et A_3^1 sont du second ordre par rapport au terme en ξ. Posons $rA_2^4/\sqrt{-1} = a_2^4$. Cette quantité (réelle) doit être à peu près indépendante de r puisque l'axe du champ est presque rectiligne. Enfin, on sait ([1]) que l'on a pour la Terre, pour le Soleil et pour l'étoile 78 Vir $\xi = \chi_0\beta e/4(m_0)_e\sqrt{K}$.

En désignant par θ l'angle des axes magnétique et de rotation ($\theta = \pi/2 - \varphi_p$), on obtient donc à partir de (6) la relation importante

$$(7)\qquad \sin\theta = \cos\varphi_p = -\frac{4(m_0)_e c\sqrt{K}}{\chi_0 e}\left(\frac{M}{\beta\gamma M_{\text{rot}}}\right)a_2^4.$$

D'après (6) ou (7) *l'angle* θ *est dû uniquement aux* A_k^i *(pour* $i \neq k$*)*.

Après avoir déterminé φ_p, l'équation $H_2 = 0$, où l'on pose $\varphi = \varphi_p$, donne la longitude des pôles magnétiques. Remarquons que d'un astre à l'autre, c'est surtout le rapport M/M_{rot} qui change, (7) montre donc que θ(Terre) > θ(Soleil); d'accord avec les faits d'observation.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le formalisme de la théorie de l'électron négatif et positif.* Note de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Choisissons comme base les solutions d'onde plane de l'équation de Dirac d'un électron *libre*, avec un volume de normalisation fini,

$$(1)\qquad \psi_{\underline{n}} = \varphi_{\underline{n}}\, e^{-\frac{i}{\hbar}E_{\underline{n}} t}, \qquad \varphi_{\underline{n}} = u_{\underline{n}}\, e^{\frac{i}{\hbar c}(\vec{p}_{\underline{n}}.\vec{x})}.$$

Les indices $\underline{n}$ soulignés représentent soit les indices n des états d'énergie positive soit les indices primés n' des états d'énergie négative. A l'espace R de Hilbert des vecteurs $(c_{\underline{n}})$, formé par les fonctions $\varphi = \Sigma c_{\underline{n}} \varphi_{\underline{n}}$, $\Sigma |c_{\underline{n}}|^2 < \infty$, correspond un espace R^* des vecteurs $(c^{\underline{n}})$ tel que $\Sigma c^{\underline{n}} c_{\underline{n}}$ est invariant. R_+ et R_- étant les sous-espaces de R correspondant au spectre positif et négatif de l'énergie, l'état d'un électron libre est caractérisé par un vecteur de R_+, l'état d'un positron par un vecteur de l'espace R^*_- dual de R_-. L'état Φ d'un système d'électrons négatifs et positifs peut être caractérisé par un élément normé de l'espace des tenseurs antisymétriques de différents rangs de R_+ et de R^*_-,

$$(2)\qquad \Phi = \{c_0, (c_{\bar{n}}), (c_{\bar{n}_1 \bar{n}_2}), (c_{\bar{n}_1 \bar{n}_2 \bar{n}_3}), \ldots\}, \qquad \sum_i \sum_{\bar{n}_x} |c_{\bar{n}_1 \ldots \bar{n}_i}|^2 = 1.$$

$\bar{n}$ peut être un indice n contravariant, ou un indice n' covariant.

C'est la notion des éléments duals de l'espace R_- qui doit remplacer la notion des trous dans une infinité d'électrons occupant les états d'énergie négative laquelle conduit à des difficultés conceptuelles. Le signe positif ou négatif de la charge électrique se trouve ainsi associé étroitement à la notion géométrique de la dualité. Au lieu d'introduire par une méthode purement formelle des opérateurs avec des constantes additives infinies, il est plus naturel de ne définir dans l'espace des états Φ que des opérateurs sans constantes infinies (1).

Parmi les opérateurs $a_{\underline{n}}, a^*_{\underline{n}}$, avec les relations

$$a_{\underline{m}} a_{\underline{n}} + a_{\underline{n}} a_{\underline{m}} = a^*_{\underline{m}} a^*_{\underline{n}} + a^*_{\underline{n}} a^*_{\underline{m}} = 0, \qquad a^*_{\underline{n}} a_{\underline{m}} + a_{\underline{m}} a^*_{\underline{n}} = \delta_{\underline{n}\underline{m}},$$

a^*_n, $a_{n'}$ sont des opérateurs de création, a_n, $a^*_{m'}$ des opérateurs d'annihilation. Au lieu des opérateurs du type $\Sigma(\underline{n}|A|\underline{m}) a^*_{\underline{n}} a_{\underline{m}}$ de la seconde quantification

(1) *Voir* aussi V. Fock, *C. R.*, Leningrad, (N. S.), n° 6, 1933, p. 267; W. H. Furry et J. R. Oppenheimer, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 245, 343; H. A. Kramers, *Proc. Ak. Wetensch.*, Amsterdam, 40, 1937, p. 814; A. Pais, *Developments in the Theory of the Electron*, Princeton, 1948.

en R on a des opérateurs $A = \Sigma(\underline{n}\,|\,\mathrm{A}\,|\,\underline{m})' \overline{a^\star_{\underline{n}} a_{\underline{m}}}$. Le signe ⌐¬ indique que pour avoir le même ordre des facteurs de création et d'annihilation dans tous les termes, l'ordre de deux facteurs ayant des indices primés doit être changé selon la règle

$$a^\star_{n'} a_{m'} \to - a_{m'} a^\star_{n'}. \tag{3}$$

Il y a des opérateurs pour lesquels $(\underline{n}\,|\,\mathrm{A}\,|\,\underline{m})' = (\underline{n}\,|\,\mathrm{A}\,|\,\underline{m})$, pour d'autres $(n'\,|\,\mathrm{A}\,|\,m')$ est encore affecté du signe —, pour d'autres les éléments de matrice doivent être symétrisés selon les exigences de la symétrie de charge. On doit définir dans tous les cas les opérateurs introduits de façon que pour un opérateur pair $A^{(p)}\Phi_0 = 0$, où Φ_0 est le tenseur de rang O avec $a_m\Phi_0 = 0$, $a^\star_{m'}\Phi_0 = 0$, tandis que pour un opérateur A ayant une partie impaire, le rôle de Φ_0 est joué par un état Φ_0^A, dont les coefficients peuvent être caractérisés par les déterminants de différents rangs formés avec les coefficients d'une transformation unitaire de R. Les considérations concernant les états Φ de (2) peuvent être rendues beaucoup plus claires et simples en utilisant pour les tenseurs antisymétriques la représentation de l'algèbre extérieure ([2]).

La variation temporelle des coefficients $c_{\bar{n}_1 \ldots \bar{n}_i}$ de Φ suit l'équation d'onde

$$\left\{\begin{aligned} & i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Phi = \mathcal{H}\Phi \qquad \text{avec} \quad \mathcal{H} = \mathrm{W} + \mathrm{V}, \\ & \mathrm{W} = \sum_{\mathrm{E}_n > 0} \mathrm{E}_n a^\star_n a_n + \sum_{\mathrm{E}_{n'} < 0} |\,\mathrm{E}_{n'}\,|\, a_{n'} a^\star_{n'}, \qquad \mathrm{V} = \frac{1}{2}\sum (\underline{n}_1\,\underline{n}_2\,|\,\mathrm{V}\,|\,\underline{m}_1\,\underline{m}_2)\, \overline{a^\star_{\underline{n}_1} a^\star_{\underline{n}_2} a_{\underline{m}_2} a_{\underline{m}_1}}, \end{aligned}\right. \tag{4}$$

où le signe ⌐¬ indique le changement de l'ordre des facteurs selon la règle (3), éliminant les termes superflus d'une théorie non symétrique. En prenant pour $(\underline{n}_1\underline{n}_2\,|\,\mathrm{V}\,|\,\underline{m}_1\underline{m}_2)$ les éléments de matrice de l'énergie d'interaction de deux électrons libres donnés par Møller ([3]), on a une description relativiste approximative d'un système d'électrons. Les difficultés de la définition de l'opérateur V dans un champ extérieur ([4]) montrent seulement que, l'introduction d'un champ extérieur étant toujours une approximation, le point de départ naturel d'une théorie d'interaction est fourni par le système de base de particules libres, où l'interaction avec d'autres sortes de particules peut être décrite en introduisant les états de celles-ci de façon analogue.

([2]) H. Gassmann, *Ausdehnungslehre*, 1862, Berlin; N. Bourbaki, *Algèbre multilinéaire*, 1948, Paris.

([3]) *Z. f. Physik*, **70**, 1931, p. 786; *Ann. d. Physik*, 5e série, **14**, 1932, p. 531; L. Rosenfeld, *Z. f. Physik*, **73**, 1931, p. 253.

([4]) W. H. Furry et J. R. Oppenheimer, *loc. cit.*, p. 253.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Interactions entre les ondes d'agitation thermique à l'approximation de Debye.* Note (*) de M. **André Herpin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les interactions entre les ondes d'agitation thermique d'un cristal, nécessaires pour expliquer la conductibilité thermique, proviennent du défaut d'harmonicité des vibrations des ions du cristal ([1]), qui se traduit par l'existence, dans l'énergie potentielle, de termes du troisième degré par rapport au déplacement des ions. Ces mouvements moléculaires peuvent être décomposés en ondes d'agitation thermique, chaque onde étant déterminée par un vecteur d'onde $\mathbf{k}(k_1, k_2, k_3)$ et un indice i variant de 1 à 3 qui précise le type d'onde dont il est question. Le déplacement d'un ion caractérisé par sa distance à l'origine $\mathbf{n}a(n_1 a, n_2 a, n_3 a)$, n_1, n_2, n_3 étant trois nombres entiers et a la constante du réseau, a pour composante dans la direction h,

$$y^h(\mathbf{n}) = \sum_{\mathbf{k}i} y^h_{\mathbf{k}i}(\mathbf{n}) \qquad \text{avec} \quad y^h_{\mathbf{k}i}(\mathbf{n}) = a^h_{\mathbf{k}i}(t)\, e^{-2\pi i \mathbf{k}\mathbf{n}a}.$$

Les vecteurs $\mathbf{k}$ sont astreints aux conditions

$$(1) \qquad |k_1| < a, \qquad |k_2| < a, \qquad |k_3| < a.$$

Le potentiel perturbateur est donc de la forme

$$V^{(3)} = \sum_{\mathbf{n}} \sum_{\mathbf{k}i} \sum_{\mathbf{k}'i'} \sum_{\mathbf{k}''i''} \sum_{h,h',h''} V^{hh'h''}_{\mathbf{k}i,\mathbf{k}'i',\mathbf{k}''i''} y^h_{\mathbf{k}i}(\mathbf{n})\, y^{h'}_{\mathbf{k}'i'}(\mathbf{n})\, y^{h''}_{\mathbf{k}''i''}(\mathbf{n}),$$

la première somme étant étendue à tous les ions du réseau. Du fait de l'existence de l'exponentielle, cette sommation annule tous les termes, sauf ceux pour lesquels celle-là est égale à 1, ce qui implique

$$(2) \qquad k_h + k'_h + k''_h = 0, \qquad \pm\frac{2\pi}{a}, \qquad \pm 2\frac{2\pi}{a}, \qquad \ldots \qquad (h = 1, 2, 3).$$

Les seuls éléments de matrice de $V^{(3)}$ non nuls correspondent aux transitions dans lesquelles une onde perd un quantum, deux autres ondes en gagnant chacune un, la condition de résonance (conservation de l'énergie) se traduisant par l'équation

$$(3) \qquad \nu_{\mathbf{k}i} = \nu_{\mathbf{k}'i'} + \nu_{\mathbf{k}''i''}.$$

Les seules transitions possibles sont donc celles qui satisfont à (2) et (3). Ces calculs peuvent être transposés à l'approximation de Debye. Celle-ci consiste à supposer le cristal isotrope et dénué de dispersion. La structure discontinue de la matière s'introduit par l'existence d'une longueur d'onde

(*) Séance du 28 mars 1949.

([1]) Peierls, *Ann. Inst. Henri Poincaré*, 5, 1935, p. 177.

minimum, de l'ordre de la constante du réseau ([2]). On doit donc remplacer la condition (2) par

$$(1') \qquad |\mathbf{k}| < k_0.$$

Dans ce modèle simplifié, on peut encore introduire, dans l'énergie potentielle, des termes du 3e degré par rapport aux déplacements, provenant des écarts à la loi de Hooke. Mais la sommation sur **n** doit être remplacée par une intégrale triple, étendue à tout le cristal, et les seuls termes non nuls sont ceux pour lesquels

$$(4) \qquad \mathbf{k}_i + \mathbf{k}'_{i'} + \mathbf{k}''_{i''} = 0$$

La suite du calcul se fait de la même manière que dans la théorie moléculaire et les transitions possibles sont encore caractérisées par la condition de résonance

$$\nu_{\mathbf{k}i} = \nu_{\mathbf{k}'i'} + \nu_{\mathbf{k}''i''}.$$

La condition (4) étant beaucoup plus restrictive que la condition (2), on ne tient pas compte d'un grand nombre de transitions qui étaient possibles d'après la théorie moléculaire. Le modèle de Debye semble donc conduire à une impasse.

Pour améliorer la situation, il convient de modifier un peu ce modèle, ou plus exactement de l'adapter davantage à la structure continue du cristal. Dans un cristal, on peut ne considérer que les ondes dont le vecteur d'onde est intérieur à la première zone. Si, par interaction, il se produit une onde extérieure à la première zone, on peut la ramener à l'onde équivalente de la première zone; c'est justement là le rôle des facteurs $2\pi/a$ des seconds membres de (2).

Dans le modèle de Debye, la première zone est sphérique, ce qui correspond à une valeur moyenne prise dans toutes les directions possibles. Pour rester en accord avec la théorie moléculaire, nous ne devons pas rejeter les ondes obtenues par interaction et dont les vecteurs d'onde seraient extérieurs à la sphère de Debye, mais au contraire les ramener à l'intérieur de cette sphère. Pour cela, nous transformerons l'équation (4) en

$$(2') \qquad \mathbf{k} + \mathbf{k}' + \mathbf{k}'' = \mathbf{k}_0\sqrt{\mathbf{n}_1^2 + \mathbf{n}_2^2 + \mathbf{n}_3^2},$$

$\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2, \mathbf{n}_3$ étant entiers et $\mathbf{k}_0$ un vecteur de longueur k_0 et de direction arbitraire et nous admettrons que pour tous les couples $(\mathbf{k}, \mathbf{k}', \mathbf{k}'')$ satisfaisant à (2'), la valeur de l'intégrale triple est la même que pour les couples satisfaisant à (4). On doit ensuite prendre la valeur moyenne pour toutes les directions de $\mathbf{k}_0$. Nous pensons que cette manière d'opérer non justifiable mathématiquement conserve les principes physiques qui sont à la base de la théorie moléculaire des corps solides; elle doit ainsi donner des résultats assez voisins de la réalité.

([2]) L. Brillouin, *Les tenseurs en Mécanique et en Élasticité*, Paris, 1936.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la possibilité de créer de grandes sources thermo-artésiennes*. Note de MM. **Georges Claude** et **André-Georges Claude**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons défini l'importance de l'énergie thermique théoriquement disponible dans les couches terrestres qui sont ou seront prochainement accessibles.

Nous voulons montrer ici dans quelles conditions favorables il sera souvent possible d'utiliser pratiquement cette énergie en profitant de ce qu'une grande partie du sous-sol est noyée dans des nappes d'eau qui, fréquemment, affleurent à la surface. Comme il est prévu à la fin de la Note précitée, ce résultat sera obtenu à l'aide de puits forés jusqu'aux couches chaudes, remontant automatiquement l'eau sous une poussée hydrostatique qui, pour 4000^m par exemple, atteindrait 160^m d'eau, calculée au degré géothermique de 32^m. L'eau sera ainsi amenée à l'usine pour y être traitée par la source froide.

La mauvaise conductibilité thermique des roches et leur faible perméabilité ordinaire ne permettraient à un puits aboutissant dans un milieu compact, même avec une très vaste *crépine*, que des remontées d'eau très faibles. Il en sera autrement si le puits débouche dans une de ces couches à circulation d'eau facile que des causes très diverses (contractions inégales par le refroidissement terrestre, actions tectoniques, effondrements souterrains, etc.) ont criblé de fractures.

On réalisera ainsi à l'échelle géologique une sorte d'aspirateur très efficace remontant l'eau de centaines de kilomètres carrés.

Considérons une tranche de 100^{km^2} d'un tel terrain aquifère de niveau hydrostatique peu variable, à faible profondeur au-dessous du sol, et à la température de surface égale à 10° C. (T_0 283).

A X-mètres se trouve le réseau de fractures, dans lequel aboutit un puits étanche en relation parfaite avec les fractures.

Considérons dans ce puits un débit de 1 m^3/sec. Sur les 100^{km^2}, il en résultera une absorption très lente de $0^m,315$ par an, qui dans des cas bien choisis pourra s'obtenir.

Dans ce mode de circulation chaque tranche horizontale s'enfoncera sensiblement parallèlement, et à la profondeur x sa température T ne différera de la température $T + \Delta T$ du sol que d'une quantité très petite par le contact direct dans les pores du terrain en raison de la durée de ce contact. La vitesse de $0^m,315$ par an correspond en effet à moins de 4/100 de millimètre par heure, et la grandeur de ΔT est négligeable au regard de T.

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1827-1826.

Au début du fonctionnement, la température T, à 4000^m dans le réseau des fractures, sera ainsi de $282 + 4000/32$ ou $283 + 125$ degrés absolus.

Sur 100^{km^2} et avec cette profondeur, un abaissement de $1/10$ de l'accroissement de la température correspondra à la transmission de

$$0,5 \times 12,5 \times 4 \times 10^5 \times 10^8 = 2,5 \times 10^{15} \text{ kilocalories}$$

du sol au fluide, et pour cette surface nous avons admis un débit de $1 m^3$/sec avec un accroissement moyen de $125 - 1/2 \times 125/10 = 118°,75$. Soit un flux annuel thermique de $31,5 \times 10^9 \times 118,75 = 3,74 \times 10^{12}$ kilocalories.

L'abaissement de température envisagé ne se produira qu'au bout de $2,5 \times 10^{15}/3,74 \times 10^{12}$ ou 668 ans.

Aux températures ci-dessus le rendement du cycle de Carnot est de 0,3.

Nous supposerons ensuite pour l'usine Claude-Boucherot le $1/5$ seulement du rendement précédent.

L'énergie annuelle sera alors en kilowatt-heures

$$3,74 \times 10^{12} \times 0,3 \times 0,02 \times 1/860 = 260 \times 106,$$

soit 260 millions de kilowattheures produits par une puissance moyenne de 30000 kilowatts.

Suivant la puissance et la perméabilité de la couche inférieure fracturée, le débit à extraire pourra varier.

Un puits circulaire de 2^m de diamètre suffirait pour extraire $8 m^3$/sec, et produire avec une puissance de 240000 kilowatts, plus de 2 milliards de kilowattheures s'il était en relation parfaite avec un réseau de fractures largement drainant.

L'eau souvent très pure, et stérilisée par son cycle de température, pourrait servir à tous les usages.

MAGNÉTISME. — *Influence des fluctuations thermiques sur l'aimantation des substances ferromagnétiques massives.* Note de M. **Louis Néel**, présentée par M. Aimé Cotton.

En l'absence de champ magnétique, l'énergie W d'un élément E de paroi de Bloch, de surface S, séparant deux domaines élémentaires aimantés antiparallèlement, est une fonction de l'abscisse x de E. Prenons comme origine $x = 0$ la position initiale d'équilibre de E, correspondant à un minimum de W. Les fluctuations thermiques impriment à E une sorte de mouvement brownien, caractérisé par une vitesse absolue moyenne $\overline{|dx/dt|}$ d'agitation, et sont capables de lui faire franchir spontanément une barrière de potentiel, de hauteur W_m au-dessus de la position initiale, le séparant des autres positions d'équilibre possibles.

A l'intérieur de la paroi, d'épaisseur η, l'aimantation spontanée tourne pro-

gressivement d'un angle π, tout en restant parallèle au plan moyen de paroi, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction Ox de déplacement. L'action d'un couple perturbateur γ, parallèle à Ox, donne à tous les spins, situés dans l'épaisseur de paroi, une vitesse angulaire de précession $d\varphi/dt$ donnée par la relation.

$$(1) \qquad \frac{d\varphi}{dt} = \frac{e}{m\mathrm{M}}\gamma, \qquad (e,\ m,\ \text{charge et masse de l'électron}),$$

où $\mathrm{M} = \mathrm{S}\eta\mathcal{J}$ représente le moment résultant de tous les spins intérieurs à la paroi si on les suppose tous parallèles ($\mathcal{J}$ est l'aimantation spontanée). A cette précession correspond un déplacement de paroi dont la vitesse dx/dt est donnée par

$$(2) \qquad \frac{dx}{dt} = \frac{\eta}{\pi}\frac{d\varphi}{dt}.$$

Les couples perturbateurs peuvent avoir des causes multiples. Ils proviendront par exemple des forces magnéto-élastiques liées aux déformations du volume $\mathrm{S}\eta$ de la paroi qui accompagnent la propagation des ondes thermique de Debye (¹). Un calcul approché donne comme valeur moyenne $\overline{|\gamma|}$ de γ

$$(3) \qquad \overline{|\gamma|} = 3\lambda\sqrt{\frac{2\mathrm{GS}\eta k\mathrm{T}}{\pi}},$$

où G est le module de glissement et λ la magnétostriction à saturation. Les condensations et dilatations thermiques donnent aussi des couples perturbateurs par l'intermédiaire des champs de dispersion dus aux variations locales de l'aimantation spontanée produites par les variations de densité, ils sont généralement plus faibles que les précédents et leur ordre de grandeur s'obtient en remplaçant λ par $\mathcal{J}^2/\mathrm{G}$ dans la formule (3).

Ceci posé, en posant $\mathrm{W} = \alpha x^2$ au voisinage de $x = 0$, la probabilité $\varpi(x)\,dx$ de trouver E situé entre x et $x + dx$ est donnée par la formule de Boltzmann

$$(4) \qquad \varpi(x) = \sqrt{\frac{\alpha}{\pi k\mathrm{T}}}\exp\left\{-\frac{\alpha x^2}{k\mathrm{T}}\right\}.$$

La probabilité $dt/2\tau_0$ de voir E franchir spontanément la barrière de potentiel, en l'absence de champ et pendant l'intervalle de temps dt, est égale à la probabilité de trouver E, à l'instant $t = 0$, animé d'une vitesse positive et situé à une distance du sommet de la barrière inférieure à $\overline{|dx/dt|}\,dt$. On trouve ainsi

$$(5) \qquad \frac{1}{2\tau_0} = \frac{1}{2}\overline{\left|\frac{dx}{dt}\right|}\sqrt{\frac{\alpha}{\pi k\mathrm{T}}}\exp\left\{-\frac{\mathrm{W}_m}{k\mathrm{T}}\right\},$$

où $\overline{|dx/dt|}$ se déduit des formules (1), (2) et (3).

(¹) L. Néel, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 664.

La même méthode permet de calculer la probabilité $dt/2\tau_h$ de voir E franchir la barrière de potentiel pendant l'intervalle dt, en présence d'un champ magnétique. On prendra, par exemple, pour W une expression approchée de la forme $W = ax^2 - bx^3$ où a et b sont déterminés en écrivant que W est maximum pour $x = L$ et possède, entre o et L, une tangente d'inflexion égale à $2 S \mathcal{J} H$. On ajoutera à W l'énergie $-2 S \mathcal{J} hx$ du système dans le champ appliqué h. On obtient

$$(6) \qquad \frac{1}{2\tau_h} = \frac{3e\lambda}{\pi^2 m}\left(\frac{2G\eta}{\mathcal{J}L}\right)^{\frac{1}{2}} H^{\frac{1}{4}}(H-h)^{\frac{1}{4}} \exp\left\{\frac{-4\mathcal{J}SL(H-h)^{\frac{3}{2}}}{3kTH^{\frac{1}{2}}}\right\},$$

où τ_h est d'autant plus petit que h se rapproche du champ critique H qu'il est nécessaire d'appliquer pour franchir la barrière en l'absence de fluctuations.

Cette formule constitue la base d'un système d'interprétation du traînage magnétique des substances massives. On considère notamment les faibles variations d'aimantation comme dues à la superposition d'une série de déplacements élémentaires de paroi, justifiables chacun de la théorie exposée plus haut, et l'on applique des méthodes analogues à celles qui ont été appliquées antérieurement ([1]), ([2]) à l'étude du traînage magnétique des grains fins. Les résultats généraux sont analogues.

IONISATION DANS LES GAZ. — *Sur la forme des impulsions électriques fournies par les chambres d'ionisation*. Note de M. **Pierre Billaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait qu'une particule chargée qui traverse une chambre d'ionisation préalablement en équilibre électrique, y crée des ions, et détermine sur l'électrode *collectrice* une variation de potentiel susceptible d'être amplifiée et photographiée sur un oscillographe cathodique. En introduisant les fonctions $w(t)$ et $p(t) = dw/dt$ représentant le travail des ions dans le champ et sa dérivée par rapport au temps, il est possible de calculer l'amplitude $v(t)$ de l'impulsion de sortie, quelle que soit la forme de la chambre d'ionisation. Lorsque la variation de potentiel de l'électrode collectrice est très petite devant la tension V_0 de la chambre, et quand les constantes de temps des étages successifs, y compris celui de la chambre, sont toutes très grandes devant la durée de vie des ions, sauf l'une quelconque d'entre elles, θ, que l'on se réserve de faire varier, on obtient la relation suivante :

$$(1) \qquad \frac{dv}{dt} + \frac{v}{\theta} = K\frac{p(t)}{CV_0},$$

([2]) L. Néel, *Annales de Géophysique*, 1949 (sous presse).

où C représente la somme des capacités du conducteur *électrode collectrice-grille de la lampe d'entrée* par rapport aux conducteurs environnants, et K la valeur absolue du coefficient global d'amplification dynamique en tension de l'appareil. Cette équation admet la solution

$$v(t) = K\frac{e^{\frac{-t}{\theta}}}{CV_0}\int_0^t e^{\frac{t}{\theta}}p(t)\,dt$$

qui s'identifie, après l'instant τ où les derniers ions ont disparu, à la décroissance exponentielle du résidu de tension $v(\tau)$.

La constante de temps θ détermine la forme et l'amplitude moyenne de l'impulsion. Si θ est très grand devant τ, on obtient à τ/θ près $v(t) = K\frac{w(t)}{CV_0}$; l'amplitude instantanée est proportionnelle au travail des ions et maximum par rapport à la variable θ. Si θ est très petit devant τ, on trouve, soit par discussion analytique soit par application graphique directe de l'équation (1), que l'impulsion, pour des temps t assez grands, suit approximativement la fonction $\theta/CV_0 . p(t)$, avec un retard de θ; l'amplitude moyenne de l'impulsion est de l'ordre de

$$\frac{\theta}{t}K\frac{w(t)}{CV_0},$$

c'est-à-dire d'autant plus petite qu'elle suit mieux la puissance.

Lorsque θ est d'un ordre voisin de τ, l'on peut trouver, soit $p(t)$ par la relation (1), soit $w(t)$ par l'équation équivalente obtenue par intégration

$$v + \frac{t}{\theta}\bar{v} = K\frac{w(t)}{CV_0}, \tag{2}$$

où $\bar{v}$ représente l'amplitude moyenne entre o et t. La recherche de p et w peut prendre la forme d'une véritable construction graphique appliquant directement les relations (1) et (2), à partir d'une photographie de l'impulsion en fonction du temps. En prenant l'intégrale de (1) de o à l'infini, où $v = 0$, il vient

$$\int_0^\infty v\,dt = K\frac{\theta}{CV_0}w(\tau), \tag{3}$$

qui montre que l'aire totale limitée par l'impulsion et l'axe des temps est proportionnelle au travail total des ions (conclusion encore applicable pour $\theta \ll \tau$).

Les relations mentionnées ci-dessus sont susceptibles d'intéressantes applications expérimentales lorsque les électrodes de la chambre sont des plans parallèles ou des sphères concentriques, et quand on laisse libres les électrons des paires. Nous supposerons qu'il n'y a ni recombinaison ni avalanche électronique.

Tout d'abord le travail total des ions est proportionnel au nombre de paires,

d'où une méthode pour déterminer l'*énergie perdue par la particule dans la chambre*.

Si la particule termine son parcours dans la chambre, l'examen de l'impulsion permet de déterminer aussi l'*angle de la trajectoire avec les lignes de force du champ*.

Une première méthode consiste à repérer sur la courbe de $p(t)$ les instants où débute et s'achève la collection des ions de l'un ou l'autre signe ([1]); elle est toutefois imprécise à cause de la diffusion des ions qui adoucit les discontinuités, et du bruit de fond qui complique la courbe enregistrée. Nous en suggérons une autre, applicable lorsque la particule est issue d'une électrode.

Si l'on a réglé le balayage horizontal de l'oscillographe de façon que sa période soit du même ordre que la vie des ions positifs τ, et avec une constante de temps θ inférieure à τ, mais très grande devant la durée de vie des électrons, l'impulsion présentera un décrochement initial quasi instantané qui mesurera le travail des électrons. L'aire totale limitée par l'impulsion, au besoin extrapolée dans sa partie exponentielle, donne par ailleurs le travail des ions des deux signes. On peut d'autre part connaître la relation ionisation-parcours de la particule étudiée dans le gaz utilisé. Enfin il est possible de voir que, pour une forme donnée des électrodes (plans ou sphères), le rapport du travail des ions d'un seul signé au travail total est une fonction bien déterminée du parcours et de l'orientation par rapport au champ, cette fonction étant accessible par théorie ou expérience. D'où une méthode pour trouver l'angle cherché, à partir de deux mesures peu sensibles à la diffusion et au bruit de fond, d'application particulièrement simple si les électrodes sont planes, valable avec des électrodes sphériques quand cette forme s'impose.

SPECTROSCOPIE. — *Étude et interprétation de l'action de l'hydrogène sulfuré dans la combustion du cyanogène.* Note de M. **Guy Pannetier**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans de précédentes Notes ([1]) nous avons signalé l'influence qu'exerçaient sur la luminosité d'une flamme de cyanogène sec, diverses substances comme l'hydrogène, la vapeur d'eau, le chlore, le brome, ou la vapeur de soufre. Ces actions s'interprétaient parfaitement grâce à des réactions entre radicaux libres dont nous avions pu fournir la preuve par l'étude des spectres des flammes obtenus dans ces conditions. Ces produits, en faible quantité, ne sont pas les seuls à réduire dans de très fortes proportions l'intensité lumineuse d'une

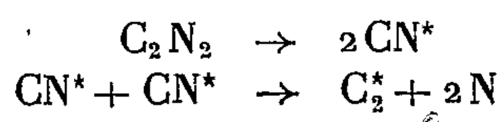
---

([1]) Voir la très intéressante expérience de R. Sherr et R. Peterson, *Review of Scientific instruments*, 18, 1947, p. 567.

([1]) G. Pannetier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 478; G. Pannetier et A. G. Gaydon, *ibid.*, 225, 1947, p. 1300.

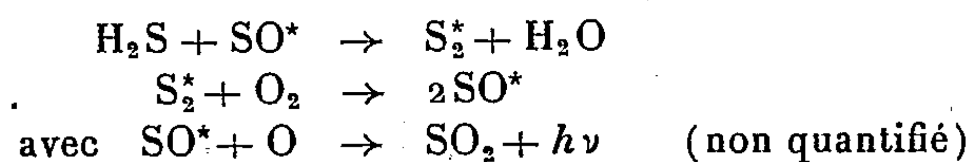
flamme de cyanogène brûlant dans de l'oxygène. L'hydrogène sulfuré, quoiqu'à un degré moindre, possède les mêmes propriétés. En mélangeant 4 % d'hydrogène sulfuré sec à du cyanogène, la luminosité de la flamme obtenue n'est plus que 2,5 % de ce qu'elle était auparavant, toutes choses égales par ailleurs. L'interprétation d'une telle action est plus complexe que lorsque l'on a affaire à celle d'un élément simple, mais l'étude du spectre obtenu permet d'appliquer ces premiers résultats à l'explication du phénomène.

Nous avons montré ([2]) que la combustion du cyanogène s'effectuait d'après le schéma



$$C_2N_2 \rightarrow 2CN^*$$
$$CN^* + CN^* \rightarrow C_2^* + 2N$$

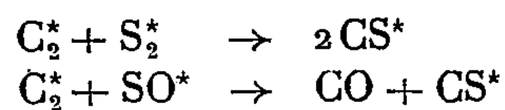
et que la luminosité particulièrement élevée de la flamme de cyanogène était due à la combustion des atomes de carbone libérés par la décomposition du radical C_2. Mais, par ailleurs nous sommes réduits à des hypothèses quant à la combustion de l'hydrogène sulfuré. Le spectre de la flamme de l'acide sulfhydrique brûlant dans l'oxygène ne contient que les bandes des radicaux SO^*, OH^* et S_2^* et la combustion que l'on peut imaginer être la plus vraisemblable ([3]) correspondrait à la réaction en chaîne



$$H_2S + SO^* \rightarrow S_2^* + H_2O$$
$$S_2^* + O_2 \rightarrow 2SO^*$$
$$\text{avec } SO^* + O \rightarrow SO_2 + h\nu \quad \text{(non quantifié)}$$

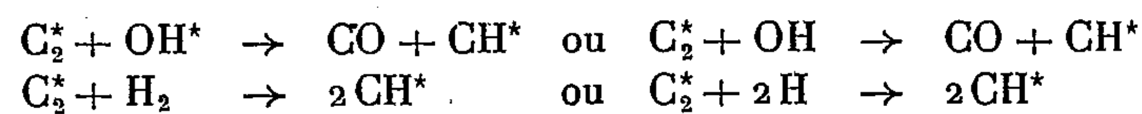
Or, lorsqu'on ajoute quelques pour-cents d'hydrogène sulfuré à du cyanogène brûlant dans de l'oxygène, non seulement l'intensité des raies des radicaux C_2 et CN et du fond continu diminue, mais il apparaît les bandes dues aux radicaux CS (0,0 : 2575, 6 Å); CH (4312 Å); NH (0,0 : 3360 Å) ainsi que celles dues à S_2^*, OH^* et SO^*. Si l'on augmente trop le pourcentage d'hydrogène sulfuré, au delà de 20 % par exemple, les raies de C_2^* et CN^* disparaissent complètement en même temps que le seul caractère dominant du spectre devient les radicaux S_2^* et SO^*.

Pour interpréter ces divers phénomènes, nous sommes conduit à admettre que la dissociation en atomes de carbone du radical C_2^* est empêché par les réactions suivantes :



$$C_2^* + S_2^* \rightarrow 2CS^*$$
$$C_2^* + SO^* \rightarrow CO + CS^*$$

et

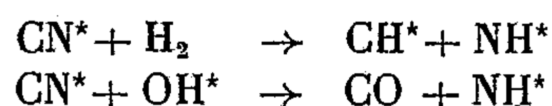


$$C_2^* + OH^* \rightarrow CO + CH^* \quad \text{ou} \quad C_2^* + OH \rightarrow CO + CH^*$$
$$C_2^* + H_2 \rightarrow 2CH^* \quad \text{ou} \quad C_2^* + 2H \rightarrow 2CH^*$$

([2]) *Colloque de Cinétique Chimique*. Paris, avril 1948.

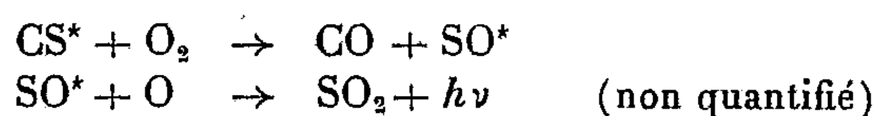
([3]) Fowler et Vaidya, *Proc. Roy. Soc.* A. **132**, 1931, p. 310.

Ces réactions sont plus ou moins précédées d'ailleurs par



$$CN^* + H_2 \rightarrow CH^* + NH^*$$
$$CN^* + OH^* \rightarrow CO + NH^*$$

Les unes et les autres empêchent la formation d'atomes de carbone et par conséquent la brillance de la flamme. Enfin on rend compte de la disparition des radicaux CS^* par la réaction



$$CS^* + O_2 \rightarrow CO + SO^*$$
$$SO^* + O \rightarrow SO_2 + h\nu \qquad \text{(non quantifié)}$$

qui tient compte de l'existence d'un fond continu.

Ces réactions entres radicaux libres fournissent donc une explication rationnelle du mécanisme de disparition de la luminosité de la combustion du cyanogène dans l'oxygène sec. Malgré leur caractère provisoire, elles constituent néanmoins une étape de la connaissance complète du mécanisme réactionnel de l'hydrogène sulfuré sur les composés intermédiaires de décomposition du cyanogène.

PHOTOPHORÈSE. — *Action d'un faisceau lumineux intense sur des particules de fer tombant dans l'air à différentes pressions.* Note de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que des particules ultramicroscopiques en suspension dans l'air, éclairées par un faisceau lumineux intense (Soleil, arc électrique entre charbons, lampe Philips Philora SP 500), se déplacent sous l'action de ce faisceau, les unes dans le sens du faisceau (photophorèse positive), les autres en sens inverse (photophorèse négative). Il est important de savoir s'il s'agit là d'une action directe de la lumière sur les particules ou d'une action indirecte à laquelle participe l'air qui les entoure. J'ai donc cherché si ces phénomènes subsistent pour des grains séchés à l'étuve d'une poudre de fer (1) tombant dans le vide. La poudre est formée de particules qui, au microscope, apparaissent sphériques et dont les dimensions sont comprises entre une fraction de micron et 6 microns. Elle est contenue dans une réserve conique en laiton, percée en bas d'un trou de 1mm de diamètre, et placée dans un tube en verre relié à un groupe à vide (pompe à palettes, avec éventuellement pompe à mercure et piège à air liquide). Juste au-dessous du trou, on fait l'image de la source lumineuse intense à l'aide d'un objectif à grande ouverture. Une tige verticale tourne dans la poudre et la fait tomber par le trou dans le faisceau lumineux horizontal. Le mouvement de la tige est produit par un dispositif

(1) Poudre de fer préparée à partir du fer carbonyle et qui sert à faire des noyaux de transformateurs.

classique : rotor en cage d'écureuil solidaire de la tige, et stator extérieur au tube; l'observation des particules se fait à l'aide d'un microscope de faible grossissement (70 environ).

Dans le tube relié à la pompe à vide, et lorsque la pression est comprise entre la pression atmosphérique et quelques millimètres de mercure on observe, tout comme dans les cuves d'ultramicroscope, des particules attirées et des particules repoussées. Les phénomènes sont gênés par les mouvements de convection de l'air qui s'atténuent à basse pression et ont pratiquement disparu pour des pressions de l'ordre du millimètre de mercure. On aperçoit alors deux gerbes; l'une est formée de lignes fines, correspondant à de petites particules attirées par la lumière; l'autre, formée de lignes beaucoup plus lumineuses, correspond à des particules plus grosses ou à des amas de particules qui sont repoussés. L'attraction et la répulsion disparaissent si l'on met un verre absorbant sur le faisceau et les particules tombent verticalement. Si l'on fait encore baisser la pression, l'attraction et la répulsion diminuent, l'attraction d'ailleurs avant la répulsion. Pour des pressions de l'ordre de 10^{-2} mm de mercure et plus basses, on n'observe plus que la chute des particules qui n'est peut-être pas parfaitement verticale; l'agitateur peut, en effet, donner aux particules une vitesse initiale et dévier leur trajectoire, mais les phénomènes observés sont indépendants de l'intensité du faisceau lumineux.

On peut se demander si la disparition de l'attraction et de la répulsion à basse pression n'est pas une apparence produite par l'augmentation éventuelle de la vitesse de chute des particules à basse pression. En fait, dans les conditions où l'on opère, le faisceau étant juste sous l'orifice de la réserve, la vitesse de chute verticale dans la partie moyenne du faisceau est, à la pression de 10^{-4} mm de mercure, de l'ordre de 15 cm/sec; elle est un peu plus grande que lorsque la pression est 1^{mm} de mercure. On s'en rend compte en produisant de brèves interruptions sur les trajectoires des particules, à une fréquence connue, par la rotation d'un disque percé de trous qui interrompt périodiquement le faisceau. Il importe de modifier l'expérience faite à 1^{mm} de mercure, et de vérifier qu'on peut observer l'attraction et la répulsion lorsque la vitesse des particules est de 15 cm/sec; cette vérification se fait facilement en plaçant le faisceau à 3^{mm} environ au-dessous de la réserve.

Ainsi, les phénomènes de photophorèse positive et négative des particules de fer sont en liaison avec la présence d'air autour des particules; il s'agit d'une sorte d'effet radiométrique. On se propose de compléter ultérieurement ces expériences en étudiant l'action de la lumière sur une poudre préalablement dégazée sous vide en la chauffant.

L'égalité des vitesses verticales des particules pour les deux pressions étudiées, de 1^{mm} et de 10^{-4} mm de mercure, a été vérifiée aussi bien en lumière intense qu'en lumière faible. Ceci prouve que la magnétophotophorèse, qui

existe pour des particules de fer sous l'action combinée du faisceau intense et du champ magnétique terrestre, est ici négligeable.

Il faut signaler que beaucoup de particules tombent en décrivant de fines hélices qui paraissent particulièrement belles pour les pressions les plus basses obtenues, de l'ordre de 10^{-4} mm de mercure, et même inférieures; de plus, certaines trajectoires au lieu d'être continues, apparaissent formées de pointillés qui sont peut-être aussi une apparence due à des mouvements en spirales de particules de forme irrégulière. Ces phénomènes s'observent aussi bien avec l'arc électrique que le Soleil; ils sont indépendants de l'intensité de la lumière. Enfin on a observé aussi des particules qui, une fois tombées de la réserve, remontaient aussitôt; il s'agit de phénomènes d'électrisation par frottement, car le fait de relier la réserve à la terre les a fait disparaître.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la répartition des minéraux radioactifs dans un granite.* Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude, par la plaque photographique de la radioactivité d'un granite de Bretagne dont un échantillon a été poli et un autre pulvérisé, nous a permis de nous rendre compte de la répartition de cette radioactivité. Ce granite nous a été confié par M. André Demay qui l'étudie au point de vue chimique et minéralogique.

Nous avons tout d'abord déterminé approximativement le rapport C_{Th}/C_U des concentrations en thorium et en uranium, en évaluant le nombre ν_1 des rayons β ayant dans l'air un parcours supérieur à 7^{cm} et le nombre ν_2 des rayons ayant dans l'air un parcours compris entre 5,8 et 7^{cm}. Ces parcours correspondent sur la plaque à des longueurs de 38^{μ} et comprises entre 31^{μ} et 38^{μ}.

On sait (¹) que $\nu_2/\nu_1 = 0{,}8 + 3{,}3\, C_U/C_{Th}$. Pour obtenir une répartition plus uniforme des trajectoires, nous avons impressionné la plaque avec le granite pulvérisé et nous avons trouvé $C_{Th}/C_U \simeq 2{,}8$.

En tenant compte de ce rapport et en mesurant le nombre moyen de rayons α émis par centimètre carré et par seconde (¹), nous avons calculé que l'activité moyenne du granite correspondait à des concentrations en uranium et en thorium $C_U = 10^{-5}$ et $C_{th} = 10^{-5}$.

La plaque impressionnée par le granite poli montre que cette activité n'est pas uniforme. Si l'ensemble de la roche possède une très faible radioactivité à peu près constante, certains points sont beaucoup plus actifs. En effet, on peut distinguer sur cette plaque, d'une part des rayons α s'échappant en étoile de

(*) Séance du 28 mars 1949.

(¹) Mme I. Curie, *Journal de Physique*, série VIII, 7, n° 11, nov. 1946.

petites surfaces de l'ordre de quelques dizaines de μ^2 ayant une forte radioactivité ([2]), et d'autre part des concentrations de rayons α couvrant des surfaces dont les dimensions atteignent parfois presque le millimètre.

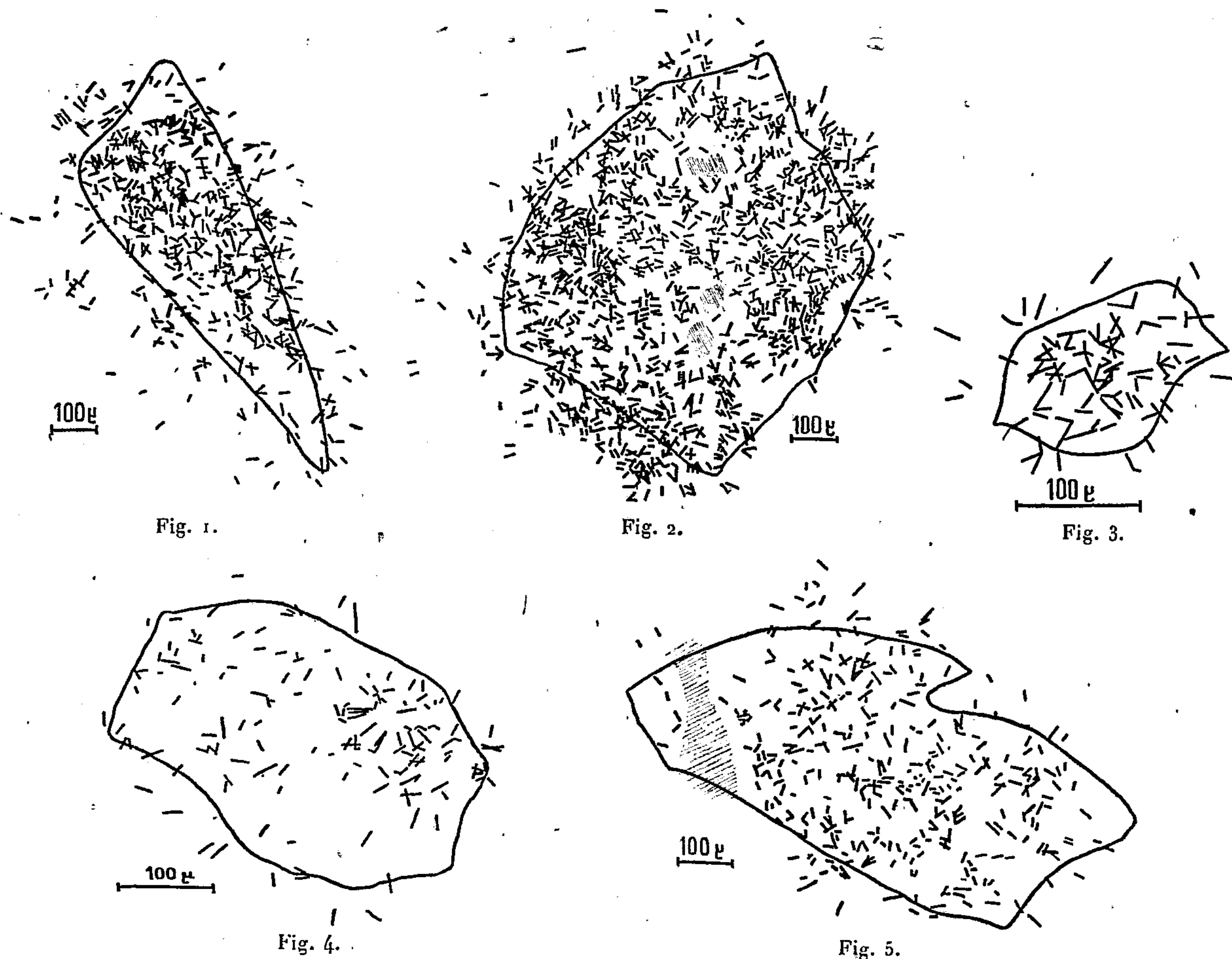


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Les parties hachurées correspondent à des défauts de la plaque.

La position de chacune de ces larges concentrations ayant été repérée avec soin sur le granite poli, l'examen optique de celui-ci nous a permis d'observer à chaque fois la présence d'un cristal brun jaunâtre que nous n'avons pu identifier. En projetant sur le même écran d'abord les traces des particules α inscrites sur la plaque et ensuite le cristal qui semblait leur donner naissance, nous avons constaté que ce dernier correspondait en forme, grandeur et orientation à l'ensemble des trajectoires observées (*fig.* 1 à 5).

Pour ces inclusions le rapport C_{Th}/C_U est nettement supérieur au rapport

([2]) R. Coppens, *Comptes rendus*, 227, 1949, p. 176.

trouvé pour l'ensemble du granite. La mesure des longueurs des rayons α des concentrations les plus importantes donne les résultats suivants :

Inclusions.	ν_1.	ν_2.	$\frac{\nu_2}{\nu_1}$.	$\frac{C_{Th}}{C_U}$.
1	12	8	0,66	∞
1	11	11	1	16
2	17	18	1	16
2	65	61	0,94	24
5	12	12	1	16
5	11	9	0,82	160

Les résultats obtenus par cette méthode ne peuvent être très précis, mais ils montrent cependant que les cristaux étudiés contiennent du thorium et peu ou pas d'uranium.

Les dimensions de ces cristaux et leur teneur en matières radioactives sont variables. Les mesures faites en admettant qu'ils contiennent uniquement du horium et ses dérivés sont résumés ci-après.

Inclusions.	Nombre de rayons α (cm^2/sec).	C_{Th}.	Surface (en μ^2).
1	0,43	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$16 \cdot 10^4$
2	0,4	1,2	47
3	0,31	0,94	1,5
4	0,5	1,5	8
5	0,15	0,45	27

On voit que la concentration en thorium est toujours de l'ordre de 1 %. D'autre part, la surface totale des grosses inclusions est d'environ 1^{mm^2}. Celle du granit utilisé est de 980^{mm^2}, soit environ 1000 fois plus. Il en résulte que le volume de ces inclusions représente la 1/30 000 partie du volume du granite.

Il est à remarquer en outre qu'à l'intérieur même des cristaux la répartition de la radioactivité n'est pas uniforme.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la notion d'activité en chimie physique.* Note de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'origine de la notion d'*activité* se trouve dans l'insuccès de la formule de Nernst, appliquée au calcul de la force électromotrice des piles de concentration à électrolytes forts. Attribuant cet insuccès au fait que les ions forts ne suivent pas la loi des gaz, G. N. Lewis a remplacé, dans la formule de Nernst, la concentration γC [γ coefficient de dissociation], par une concentration conventionnelle, l'*activité*, αC [α coefficient d'activité] qui, *par définition*, satisfait à la loi des gaz, et par conséquent à la loi d'action de masses. De plus, selon Lewis, l'*activité* devrait être introduite dans les formules relatives aux lois de Raoult établies thermodynamiquement.

En réalité, à notre avis, l'insuccès de la formule de Nernst tient uniquement au fait que, dans l'établissement de cette formule, on ne tient pas compte de l'énergie potentielle des ions. Un ion tel A_g^+ situé dans l'eau, possède l'énergie θ_0 du champ électrique qui l'entoure. Si l'on remplace l'eau par une solution de nitrate d'argent, de constante diélectrique différente de celle de l'eau, l'énergie de l'ion devient $\theta_0 + \theta$. [Dans ce qui suit θ_0 et θ se rapporteront à un équivalent électrochimique.]

Considérons maintenant une pile de concentration à nitrate d'argent, supposé complètement dissocié, et de force électromotrice E. Laissons la pile débiter un coulomb, en recueillant l'énergie E; on sait qu'en même temps, $v/(u+v) = n$ équivalent électrochimique de nitrate passe de la concentration C_1 à la concentration C_2 (et qu'un équivalent d'argent métallique passe de l'anode sur la cathode). Ramenons ensuite la pile à son état initial, en transportant par la machine thermodynamique de van't Hoff, n équivalent de $NO_3.Ag$ de C_2 à C_1, dépensant d'abord le travail $2n\mathrm{RT}\, ln\, C_1/C_2$, pour comprimer les ions de C_2 à C_1, *ensuite le travail correspondant à la différence des énergies des ions*,

$$2n[\theta_0 + \theta_1 - (\theta_0 + \theta_2)] = 2n(\theta_1 - \theta_2),$$

en supposant l'énergie des ions A_g^+, NO_3^-, la même; le travail total, égal à E, est :

$$\mathrm{E} = \frac{2v}{u+v}\left(\mathrm{RT}\ln\frac{C_1}{C_2} + \theta_1 - \theta_2\right). \tag{1}$$

Cette formule diffère de celle de Lewis,

$$\mathrm{E} = \frac{2v}{u+v}\mathrm{RT}\ln\frac{\alpha_1 C_1}{\alpha_2 C_2}, \tag{2}$$

en ce que les coefficients d'activité α sont remplacés par les énergies θ, suivant la relation,

$$\theta = \mathrm{RT}\ln\alpha; \tag{3}$$

les énergies θ peuvent donc être déterminées par les mêmes expériences qui ont déterminé les coefficients α.

La relation (3) est celle trouvée théoriquement par Debye et Huckel [1], qui ont calculé la valeur de θ, la trouvant proportionnelle à la racine carrée de C. La relation (3) est vérifiée approximativement par l'expérience, il en résulte que notre formule (1) de la force électromotrice d'une pile de concentration, se trouve également confirmée par le calcul et par l'expérience.

Dans la démonstration de la formule (1) nous avons supposé que les ions suivent la loi des gaz, car, en dehors de la théorie liée à la notion d'activité,

---

[1] E. DARMOIS, *Les électrolytes forts* (Congrès international d'Électricité, 3e section, Paris, 1932).

aucune raison théorique, aucune expérience, ne nous autorise à croire que les ions ne suivent pas la loi des gaz parfaits en solution diluée, ou celle de van der Waals en solution concentrée. Dans les deux cas les vitesses d'agitation des ions, comme celle de tous les corpuscules se trouvant dans la solution, doivent satisfaire à la loi d'équipartition de l'énergie, $mv^2 = 3RT$. Or c'est précisément le contraire qu'on admet implicitement, quand on affirme, conformément à la théorie de l'activité, que les ions ne suivent pas la loi des gaz, car les écarts par rapport à cette loi, prévus par la théorie en question, ne peuvent pas être expliqués par le rapprochement des ions selons les idées de van der Waals : ces écarts sont, ou trop grands, ou même de sens contraire, par rapport à ceux prévus par la formule de van der Waals ([2]).

Nous examinerons ultérieurement la légitimité de l'introduction du concept *d'activité*, dans la loi des masses et dans les lois de Raoult.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Séparation du sodium, à l'état de traces, d'avec une quantité pondérable de magnésium.* Note (*) de MM. **Robert Bouchez** et **Georges Kayas**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. Pour la préparation d'une source radioactive, à grande activité spécifique, de $^{22}_{11}$Na, nous avons irradié par des deutons (cyclotron du Collège de France) un ruban de Mg[Mg$(d, \alpha)^{22}$Na] et séparé le Na du Mg à l'aide de la méthode ionographique (après décroissance de l'isotope ^{24}Na).

2. *Conditions expérimentales.* — Nous avons effectué deux expériences avec une même colonne de 10^g de résine synthétique Amberlite IR-100 (hauteur de colonne : 20^{cm}; diamètre : $1^{cm},1$; grosseur des grains : 80-120 mailles/inch) sur laquelle on adsorbe le mélange à séparer (à l'état de chlorures de pH ~ 7 et d'un volume de 20^{cm^3}).

On a utilisé dans chaque expérience 14^{mg} de Mg contenant des traces de Na; l'extraction du mélange hors de la colonne fut réalisée au cours de la première expérience à l'aide d'une solution $\sim$ N/10 d'acide chlorhydrique et dans la seconde à l'aide d'une solution $\sim$ N/10 d'acide perchlorique [procédé utilisé précédemment par l'un de nous ([1]) dans la séparation Na-K]. On a réalisé une faible vitesse d'adsorption et d'*élution* (0,25 cm³/min) pour permettre aux phénomènes d'échange de se produire aussi près que possible des conditions d'équilibre.

La séparation du Na fut suivie par l'activité de ^{22}Na ($T \simeq 3$ ans, émet-

---

([2]) Lewis, *Chimie Physique*, tr. fr., II, p. 189.

(*) Séance du 28 mars 1949.

([1]) G. Kayas, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1002.

teur β^+), la séparation du Mg en évaporant à sec les différentes fractions recueillies.

3. *Résultats.* — Les deux *courbes d'élution* obtenues (ClH et ClO_4H) sont représentées par les figures 1 et 2. Dans les deux expériences, *la séparation du* Na *et du* Mg *est complète*, et l'on a recueilli entre les zones Na et Mg une fraction BC d'environ 10^{cm^3} complètement inactive (pas de Na) et ne laissant aucun résidu par évaporation à sec (pas de Mg).

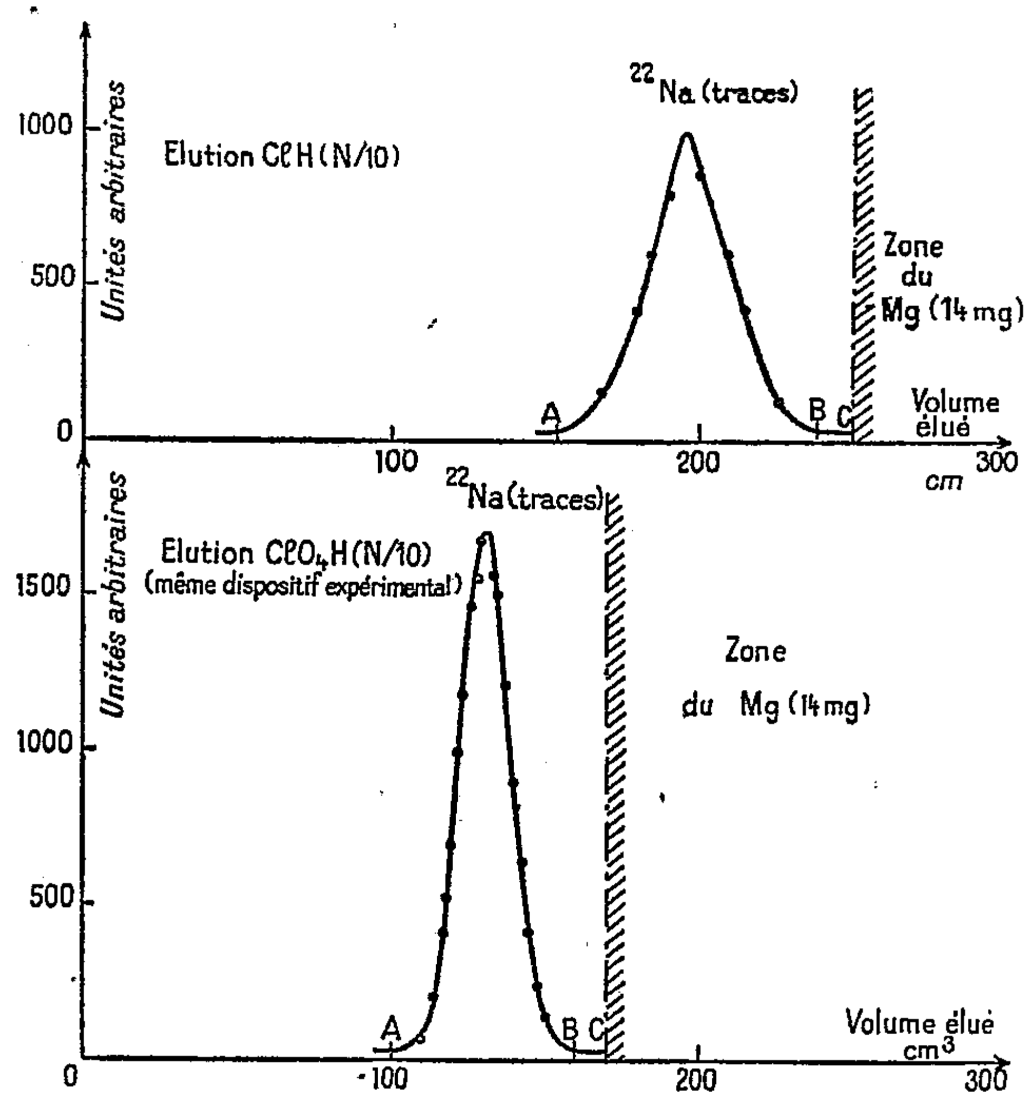


Fig. 1 et 2.

En outre, la symétrie des courbes de séparation de Na indique que les processus d'échange se sont pratiquement produits dans les conditions d'équilibre.

Enfin, dans la seconde expérience, le seuil de l'activité apparaît plus rapidement (100^{cm^3} au lieu de 150^{cm^3} pour l'élution chlorhydrique) et la courbe d'élution est environ deux fois plus élevée et plus étroite : ces conditions indiquent une vitesse d'échange beaucoup plus rapide dans le cas de ClO_4H (coefficient de distribution plus grand).

4. *Conclusions.* — Nous avons séparé d'une manière totale par la méthode ionographique des traces de Na d'avec 28^{mg} de Mg; le procédé de l'élution perchlorique s'est révélé dans ce cas particulièrement satisfaisant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le polissage électrolytique de l'uranium en vue des études physico-chimiques et métallographiques.* Note (*) de MM. **Pierre-A. Jacquet** et **Roger Caillat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude des phénomènes mettant en jeu la surface d'un métal exige une définition précise et bien reproductible de toutes les caractéristiques de cette surface. De nombreux travaux ont montré que le polissage électrolytique découvert par l'un de nous ([1]) permet en général l'obtention d'un *état de surface* bien défini.

Nous avons étendu cette méthode à l'uranium et l'avons appliquée en particulier aux examens micrographiques et à l'étude de la formation de l'hydrure d'uranium. La méthode élaborée permet le polissage, en moins de cinq minutes, d'une surface dégrossie sur les papiers potée d'émeri 03 ou 04.

L'électrolyte voisin de celui décrit pour les aciers et le chrome ([2]), est une solution très diluée d'acide perchlorique (50 à 100^{cm^3} de l'acide de densité 1,59-1,61) dans l'acide acétique cristallisable (1000^{cm^3}). La densité de courant anodique et la tension aux bornes de la cellule dépendent de la teneur exacte en acide perchlorique. Les mélanges à 50 et à 100 ‰ exigent respectivement les valeurs approximatives suivantes : 10 A/dm² — 20 V et 5 A/dm² — 10 V, pour une anode mesurant quelques cm², une cathode en acier inoxydable de 25^{cm^2} et une distance entre les deux électrodes égale à $15\text{-}20^{mm}$.

La courbe $I = f(V)$ présente le palier d'intensité typique, s'étendant entre 7 et 11 volts pour le bain à 100 ‰ ClO_4H. L'établissement de ce palier est souvent précédé d'oscillations rythmiques des valeurs d'intensité et de tension, phénomène déjà observé avec le cuivre, le plomb et l'argent, et qui correspond à un stade de préequilibre entre la formation et la diffusion de la couche anodique visqueuse et peu conductrice. Le meilleur polissage de l'uranium est obtenu dans cette région de la courbe ou dans celle qui la suit immédiatement.

L'étude nous a conduits, en outre, à certaines observations importantes pour l'interprétation du phénomène de polissage. L'application des lois de Faraday montre que sous les conditions décrites ci-dessus l'uranium se dissout anodiquement avec la valence 2 (diminution d'épaisseur égale à $1^{\mu},9$ environ par minute sous 5 ampères/dm²), résultat qui est à rapprocher de la dissolution de l'aluminium avec la valence voisine de 1, dans le même type d'électrolyte. Or ces deux métaux sont éminemment oxydables et les valences anormales pourraient correspondre à la formation transitoire d'un sous-oxyde inconnu à

(*) Séance du 28 mars 1949.

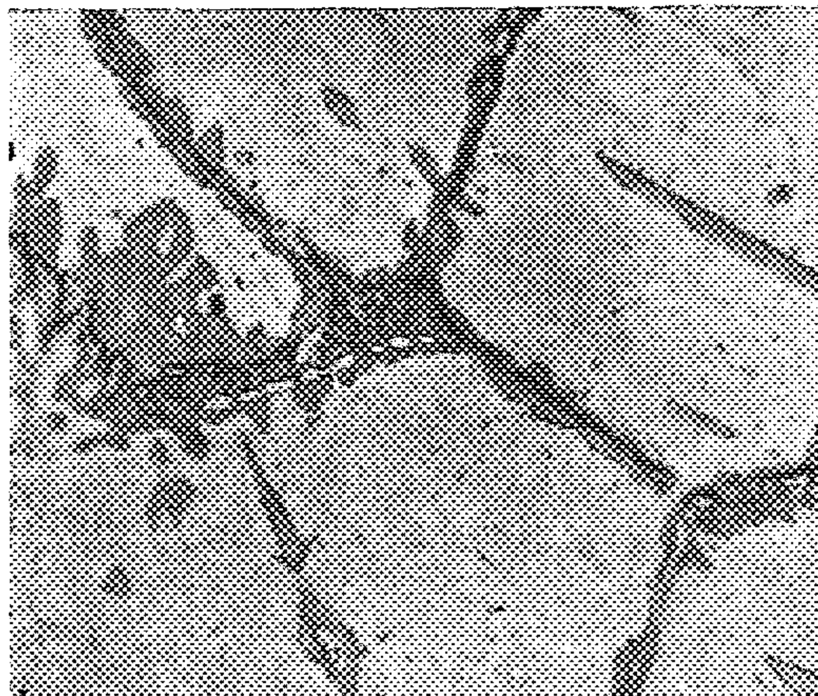
([1]) P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1473; *Nature*, **135**, 1935, p. 1076.

([2]) P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 556.

l'état libre, entrant ensuite en solution dans le mélange acide. Avec l'uranium nous avons d'ailleurs constaté que la couche anodique contient des particules solides et qu'en l'absence de courant le métal est insoluble dans l'électrolyte.

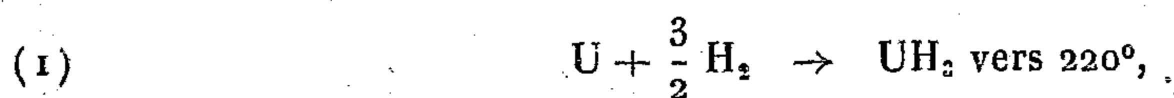
Si un spécimen d'uranium partiellement recouvert d'une croûte noire d'oxyde est soumis au polissage, on assiste à l'expulsion mécanique progressive de l'oxyde accompagnée de crépitements et d'émission de lumière. Ces phénomènes ne se manifestent pas tant que la tension et l'intensité restent en-dessous des valeurs minima nécessaires à l'obtention du poli, à tel point que leur apparition peut servir de critère pour la détermination précise des conditions électriques.

Une surface d'uranium polie électrolytiquement conserve dans l'air sec son vif éclat, mais elle devient jaunâtre par oxydation à l'atmosphère ordinaire. Les minces pellicules d'oxyde sont intéressantes pour l'examen micrographique en lumière normale ou polarisée (*figure*). Elles sont obtenues par traitement anodique de la surface polie dans la soude à 1 % sous une tension de 4 à 5 V pendant quelques dizaines de secondes.



Gr. : 780.

Un polissage électrolytique de l'uranium mis en réaction pour former l'hydrure UH_3 suivant :



$$(1) \qquad U + \frac{3}{2} H_2 \rightarrow UH_3 \text{ vers } 220°,$$

nous a été utile. Il assure un nettoyage facile et efficace de l'échantillon, dénude le métal de sa couche d'oxyde.

L'hydrogène de la réaction (1) est préparé par décomposition à 500° C. d'hydrure d'uranium obtenu à partir d'hydrogène commercial et de métal technique.

Dans ces conditions la réaction (1) se déclenche dès que l'hydrogène arrive au contact du métal. Au contraire, si le métal est resté enveloppé dans sa

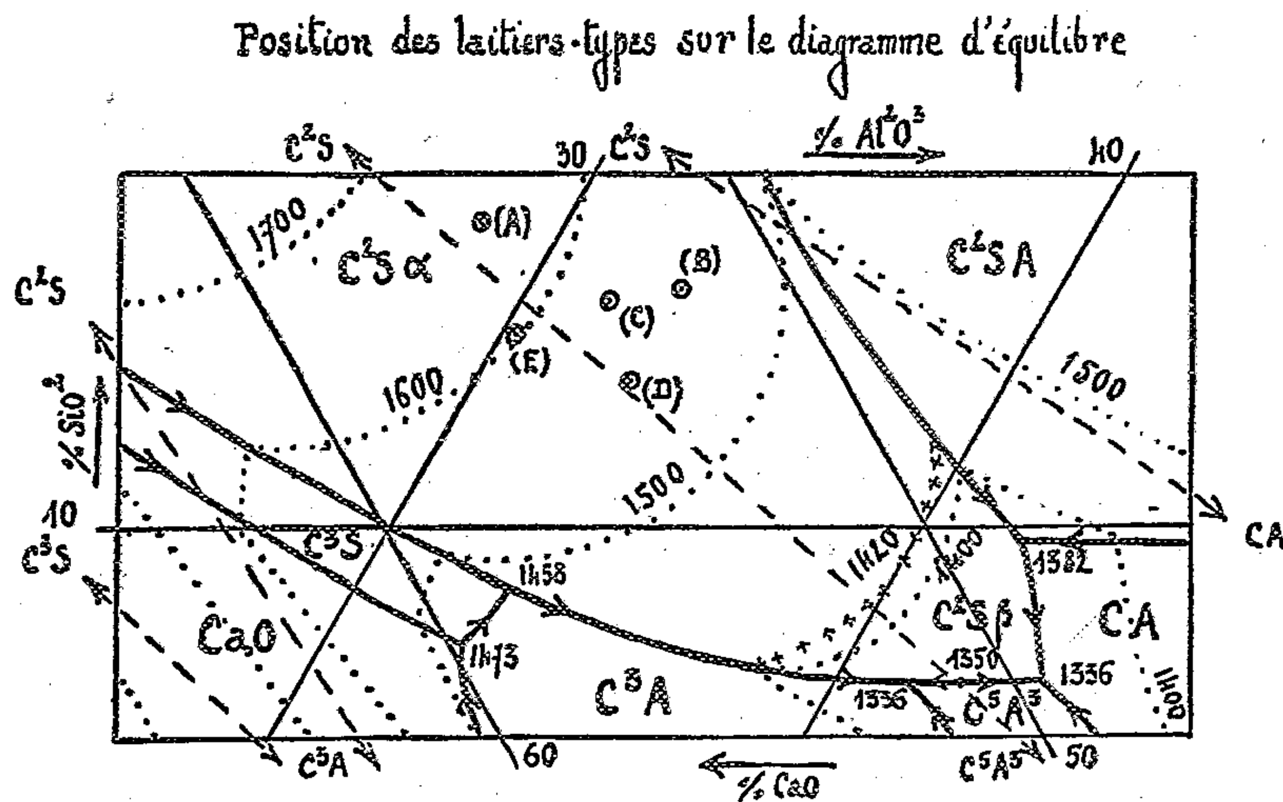
couche d'oxyde, ou si l'hydrogène contient une trace d'oxygène, la réaction (1) ne se manifeste qu'après une période d'induction qui atteint par exemple 30 minutes à 250° C. pour 0,25 % O_2 dans H_2 (3)(4)(5).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système* SiO_2-Al_2O_3-CaO *par analyse quantitative aux rayons* X. Note de M. MARCEL VON EUW, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'état d'un système silico-alumino-calcique dépend principalement des conditions de cuisson et de refroidissement. L'analyse radiocristallographique nous a permis de constater que les états d'équilibre ne s'obtiennent que difficilement et ne sont atteints que très rarement dans les opérations industrielles. L'utilisation du diagramme d'équilibre en vue du calcul de la constitution des produits y figurant, ne saurait donc être faite sans des erreurs pouvant être importantes.

Les produits essayés appartiennent à la zone de phase primaire C_2S du diagramme d'équilibre établi par Rankin (1). Cinq compositions, pointées dans la région utile du diagramme triangulaire (*figure*), sont prises comme exemples.

Position des laitiers-types sur le diagramme d'équilibre



B, C, E ont été cuits jusqu'à début de fusion, à 1400° et refroidis à la vitesse de 200° par heure. A et D sont des produits industriels.

(3) J. GUÉRON et YAFFE, *Nature*, n° 4069, 160, 1947 p. 575.

(4) J. E. BURKE et C. S. SMITH, *J. Chem. Amer. Soc.*, n° 10, 69, p. 2500.

(5) F. H. SPEDDING, A. S. NEWTON, J. C. WARF, O. JOHNSON, R. W. NOTTORF, I. B. JOHNS et A. H. DAANE, *Nucleonics*, January 1949.

(1) *American Journal of Science*, 4e série, 39, 1915.

L'analyse qualitative a permis d'identifier dans chaque produit



$SiO_2, 2CaO\gamma$, $SiO_2.Al_2O_3.2CaO$, $Al_2O_3.CaO$, $3Al_2O_3,5CaO$.

La méthode employée, appliquée jusqu'ici à l'analyse quantative de produits peu complexes ([2]), est basée sur la proportionnalité des intensités relatives i_n de couples de raies caractéristiques et des teneurs relatives q_n des constituants correspondants. Elle suppose que la densité optique des raies est proportionnelle à l'intensité des rayons X reçus par unité de surface, ce qui est vrai jusqu'à une densité de 0,7 à 1.

Les diagrammes ont été effectués en rayonnement monochromatique par la méthode de A. Guinier ([3]) et leurs enregistrements densitométriques directement obtenus à l'aide du microdensitomètre Vassy ([4]). De plus, les coefficients d'absorption des composés identifiés sont assez voisins pour que la cause d'erreur signalée par Brindley ([5]) soit éliminée.

Nous avons construit ainsi des courbes de référence $q_n = f(i_n)$, avec

$$q_1 = \frac{Al^2O^3.CaO}{3Al^2O^3.5CaO}, \qquad i_1 = \frac{D_{2,96\text{Å}}}{D_{4,90\text{Å}}},$$

$$q_2 = \frac{SiO^2.Al^2O^3.2CaO}{3Al^2O^3.5CaO}, \qquad i_2 = \frac{D_{2,84\text{Å}}}{D_{4,90\text{Å}}},$$

$$q_3 = \frac{SiO^2.2CaO\gamma}{3Al^2O^3.5CaO}, \qquad i_3 = \frac{D_{2,73\text{Å}}}{D_{4,90\text{Å}}},$$

$\delta i/i$ moy $= \pm 4,5$ %, soit une incertitude du même ordre sur q_n.

Si x_0, x_1, x_n sont les proportions cherchées des constituants d'un mélange et $q_1, \ldots, q_n$ leurs proportions relatives, égales à x_1/x_0, x_n/x_0, tirées des courbes de référence, on peut aisément calculer $x_0, \ldots, x_n$.

Par cette méthode on arrive aux compositions cristallographiques suivantes pour les laitiers cités en exemples :

Laitier.	$3Al_2O_35CaO$.	Al_2O_3CaO.	$SiO_2Al_2O_32CaO$.	$SiO_22CaO\gamma$.
	%	%	%	%
A.......	47 ± 1	1,5 ± 0,5	6,5 ± 0,5	45 ± 3
B.......	32 ± 1	25 ± 2	8 ± 0,5	35 ± 3
C.......	44,5 ± 1,5	15,5 ± 1,5	2 ± 0,5	38 ± 3
D.......	66 ± 1,5	néant	2 ± 0,5	32 ± 2,5
E.......	56,5 ± 1,5	4 ± 1	néant	39,5 ± 3

1° Nous avons pu différencier très nettement des laitiers de compositions chimiques assez voisines, par exemple B et C dont le taux en Al_2O_3 ne diffère pas de plus de 1 %.

([2]) CLARK and REYNOLDS, *Ind. and Eng. Chem. Anal. Edit.*, 8, 1936, p. 36.

([3]) *Revue Scientifique*, septembre 1943, p. 341-343; *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 31-32.

([4]) *Science et Industries photographiques*, 2e série, 16, 1945 et 19, 1948.

([5]) *Colloque international sur l'état solide*, Paris, octobre 1948.

2° Il est remarquable de constater que la géhlénite, $SiO_2Al_2O_32CaO$, subsiste hors d'équilibre et en proportions appréciables, dans des laitiers pourtant très calciques.

Ces résultats témoignent de l'intérêt de l'analyse radiocristallographique quantitative applicable à des produits complexes, tels les mélanges des divers silicates et aluminates de calcium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude d'un complexe d'uranium et de choline.* Note (*) de M[lle] COLETTE SOYE, présentée par M. Paul Pascal.

La courbe potentiométrique obtenue en neutralisant une solution aqueuse de nitrate d'uranyle $(NO_3)_2UO_2, 6H_2O$ de concentration 0,0055 moléculaire par une solution cent fois plus concentrée de choline, $HO-N-(CH_3)_3-C_2H_4OH$ présente un premier point d'inflexion i au pH 4,40 correspondant à la proportion de 1 U pour 1 choline.

Au pH 5,25, la solution commence à précipiter. La précipitation semble totale pour la proportion de 1 U pour 2 choline. Le précipité obtenu entre les pH 5,25 et 8,5 correspond à $UO_3,2\ H_2O$.

J'ai préparé le corps indiqué par le premier point d'inflexion en laissant cristalliser à l'abri de la lumière, à l'air ou sous le vide, soit le filtrat d'un mélange équimoléculaire de nitrate d'uranyle et de choline en solutions aqueuses ou alcooliques, soit les solutions aqueuses de mélanges de choline et de nitrate d'uranyle en proportions telles que le pH soit égal ou inférieur à 4.

Les cristaux sont lavés à l'alcool et à l'éther; ils peuvent être purifiés par recristallisation dans l'eau.

Dans ces cristaux l'uranium est dosé à l'état de U_3O_8, la choline sous forme de periodure ou de reineckate. Les nombres obtenus correspondent à la formule



$$(NO_3)_2\ UO_2,\ \text{choline}.$$

Les cristaux sont jaune vif; ils ne sont pas hygroscopiques; ils sont solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool, insolubles dans l'éther et le benzène.

Les solutions aqueuses exposées au soleil laissent déposer UO_3; elles présentent une forte fluorescence en lumière ultraviolette.

Le poids moléculaire calculé d'après la formule serait de 515. Pour ce poids, la cryoscopie en solution aqueuse donne 3,5 ions. Pour que le nombre d'ions donnés par la molécule en solution très diluée soit entier, il faut prendre un poids moléculaire au moins égal à 1030, donc correspondant à la formule



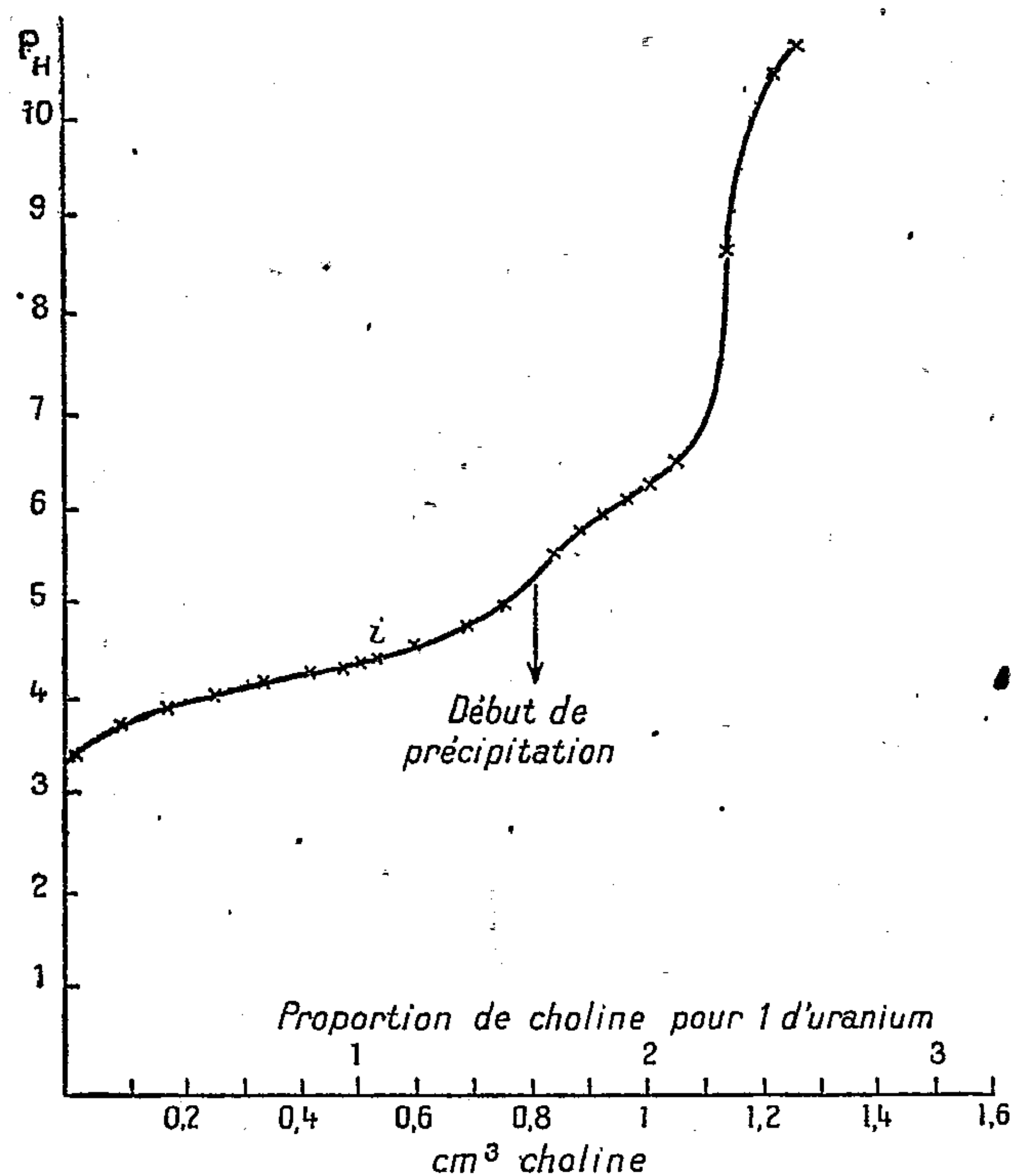
$$[(NO_3)_2\ UO_2,\ \text{choline}]^2.$$

Les diagrammes de cristaux par la méthode Debye et Scherrer présentent

(*) Séance du 21 mars 1949.

un plus grand nombre de raies que celui du nitrate d'uranyle. Ces raies sont plus serrées et plus fines.

Le spectre d'absorption dans l'ultraviolet de la solution aqueuse du corps étudié montre une absorption beaucoup plus forte que celle du nitrate d'uranyle, pour une même concentration en uranium.



Pour une même concentration moléculaire, calculée pour le corps étudié sur la formule simple $(NO_3)_2UO_2$ choline, les deux spectres présentent tous deux une large bande d'absorption principale dans le proche ultraviolet, mais celle du corps étudié apparaît pour une épaisseur moitié de celle du nitrate d'uranyle; elle est, de plus, déplacée vers les grandes longueurs d'onde. Les autres bandes d'absorption présentées par le spectre du nitrate d'uranyle sont imperceptibles sur celui du corps étudié.

L'électrolyse effectuée dans deux tubes séparés, reliés par un siphon, avec électrodes de platine donne un dégagement de NO_2 à l'anode, un dégagement gazeux à la cathode avec dépôt de UO_3 et libération de choline.

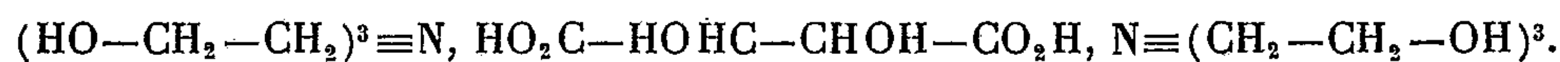
Au début de l'expérience le pH est de 4,27. A la fin, il est de 2,05 dans le compartiment anodique, de 3,07 dans le siphon et de 10,92 dans le compartiment cathodique.

Les proportions respectives d'uranium et de choline restent les mêmes dans les trois compartiments au début et à la fin de l'électrolyse, ce qui tend à

prouver que l'uranium et la choline se déplacent ensemble sous l'action du champ électrique. Le corps isolé serait donc le nitrate d'un complexe d'uranium et de choline.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Étude du tartrate et du stannitartrate de triéthanolamine*. Note (*) de M. **Jean Dumas**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons observé par titrimétrie que la triéthanolamine et l'acide tartrique réagissent dans la proportion d'une molécule d'acide tartrique contre deux molécules de triéthanolamine, et la réaction est fortement exothermique; toutefois, nous n'avons pu isoler le tartrate de triéthanolamine à l'état cristallisé; on obtient un liquide jaune visqueux, soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther, le chloroforme et l'alcool isopropylique. Nous avons attribué à ce corps la constitution d'un sel d'ammonium quaternaire :



$$(HO-CH_2-CH_2)^3{\equiv}N,\ HO_2C-HOHC-CHOH-CO_2H,\ N{\equiv}(CH_2-CH_2-OH)^3.$$

En effet, les deux atomes d'azote sont facilement labiles et se dégagent sous l'influence des hypobromites alcalins (comme dans la triéthanolamine); de plus, ce composé donne les réactions des tartrates et de la triéthanolamine (formation du chlorhydrate, du bromhydrate et de l'iodhydrate sous l'influence des hydracides correspondants).

Le tartrate de triéthanolamine, de même que les tartrates alcalins dissout l'hydroxyde stannique.

Nous avons étudié la réaction entre le chlorure stannique, la triéthanolamine et l'acide tartrique :

Qualitativement, les choses se passent ainsi : le chlorure stannique est hydrolysé en acide chlorhydrique et hydroxyde stannique. L'acide chlorhydrique réagit sur une partie de la triéthanolamine pour donner le chlorhydrate :



$$(HO-CH_2-CH_2)^3{\equiv}N,\ HCl.$$

L'acide tartrique, comme on l'a vu précédemment, donne du tartrate de triéthanolamine, qui redissout l'hydroxyde stannique. Par analogie avec les stannitartrates alcalins, obtenus par action des tartrates alcalins sur l'hydroxyde stannique, suivant Rosenheim et Aron (1), nous avons admis la formation

(*) Séance du 28 mars 1949.

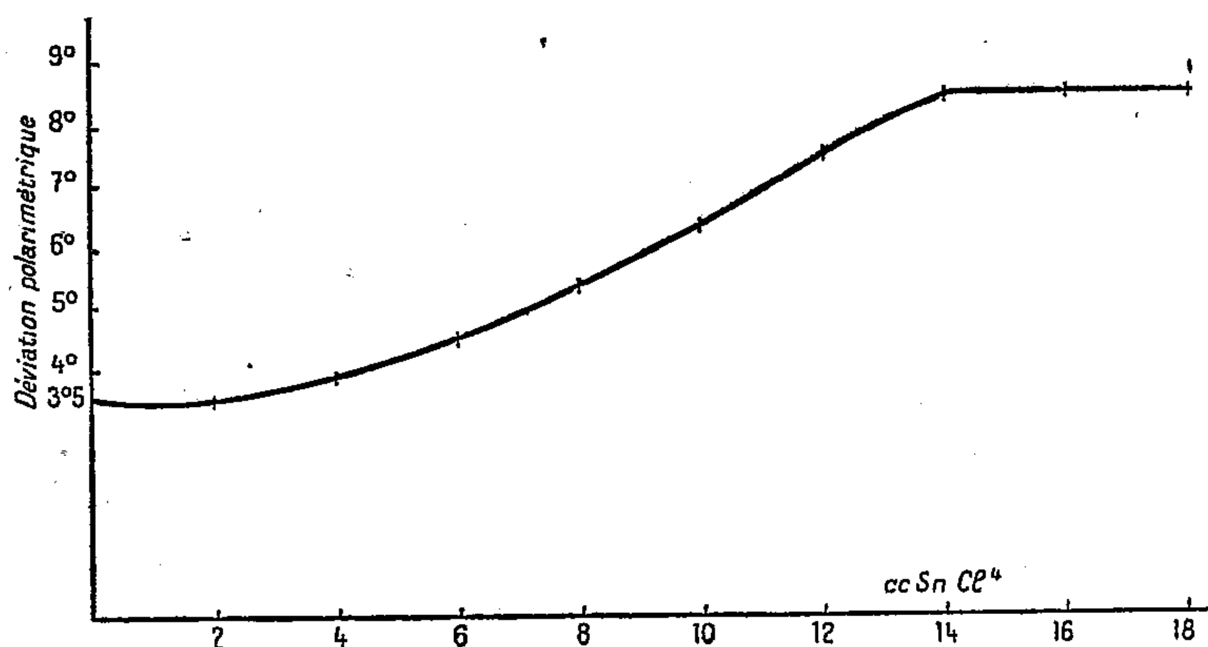
(1) *Z. Anorg. Chem.*, 39, 1904, p. 170.

du stannitartrate de triéthanolamine par la réaction

$$SnCl_4 + H_2O + 6N{\equiv}(CH_2-CH_2-OH)^3 + HO_2C-HOHC-CHOH-CO_2H$$
$$\rightarrow (HO-CH_2-CH_2)^3{\equiv}N,\quad HO_2C-OHC-CHO-CO_2H,\quad N{\equiv}(CH_2-CH_2-OH)^3$$
$$\diagdown Sn \diagup$$
$$\Vert$$
$$O$$
$$+ 4[N{\equiv}(CH_2-CH_2-OH)^3, HCl] \qquad (1)$$

Étude polarimétrique de la réaction. — Solution d'acide tartrique à 75ᵍ (0,5 mol/l). Solution de triéthanolamine à 450ᵍ (3 mol/l). Solution de chlorure stannique à 260ᵍ (1 mol/l). Des volumes égaux d'acide tartrique et de triéthanolamine (25^{cm^3} de chacune de ces deux solutions) étaient additionnées de quantités croissantes de chlorure stannique, et le tout était complété à 100^{cm^3} par de l'eau distillée et examiné au polarimètre dans un tube de 50^{cm^3} de long.

La courbe ci-jointe représentant les variations du pouvoir rotatoire en fonction de quantités croissantes de chlorure stannique, accuse un palier correspondant sensiblement à une molécule de tartrate de triéthanolamine contre une molécule de chlorure stannique.



Vérification par voie chimique. — Nous avons fait réagir du chlorure stannique, de la triéthanolamine et de l'acide tartrique suivant les proportions stœchiométriques de l'équation ci-dessus et l'on a dosé la triéthanolamine par l'acide chlorhydrique normal en présence d'hélianthine. Seules les molécules de triéthanolamine liées au groupement tartrique, ou bien celles pouvant se trouver en excès sont ainsi titrables suivant la réaction :

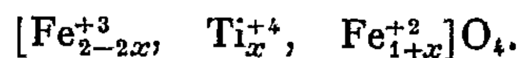
$$4HCl + (HO-CH_2-CH_2)^3{\equiv}N,\quad HO_2C-OHC-CHO-CO_2H,\quad N{\equiv}(CH_2-CH_2-OH)^3$$
$$\diagdown Sn \diagup$$
$$\Vert$$
$$O$$
$$\rightarrow SnOCl_2 + HO_2C-HOHC-CHOH-CO_2H + 2[(HO-CH_2-CH_2)^3{\equiv}N, HCl]$$

On a bien constaté que deux molécules seulement de triéthanolamine sur les six mises en œuvre sont ainsi dosables, ce qui est bien conforme à l'équation (1).

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des composés définis et des solutions solides que peuvent former l'oxyde de titane* TiO_2 *et les oxydes de fer*. Note de MM. **Emile Pouillard** et **André Michel**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On sait que l'on peut préparer différents types de magnétites Fe_3O_4 (1) à (4) en substituant aux ions ferreux des ions bivalents et même des ions monovalents, ou aux ions ferriques des ions trivalents. Nous avons préparé des titanomagnétites en remplaçant un ion ferrique Fe^{+3} par un ion tétravalent Ti^{+4}, ce qui entraîne le passage d'un ion ferrique à l'état d'ion ferreux, comme l'exige la neutralité électrique de l'édifice cristallin.

La synthèse de la titanomagnétite $TiFe_2O_4$ a été effectuée par recuit sous vide soit d'un mélange $TiO_2 + 2FeO$, soit par réduction par l'hydrogène vers 900° d'un mélange de TiO_2 et de sesquioxyde de fer Fe_2O_3 en proportions convenables. L'analogie de structure entre ce corps et la magnétite Fe_3O_4 est démontrée par leur syncristallisation en toutes proportions. On observe en effet que la mise en solution solide de $TiFe_2O_4$ dans Fe_3O_4 entraîne une variation continue du paramètre de la maille cubique ainsi que du point de Curie qui s'abaisse très rapidement de 575° jusqu'à des températures inférieures à 0°. En particulier, le point de Curie est 0° pour un mélange de magnétite et de $TiFe_2O_4$ correspondant à 65 % de ce dernier corps. On peut donner à ces cristaux mixtes la formule générale



$$[Fe^{+3}_{2-2x},\ Ti^{+4}_{x},\ Fe^{+2}_{1+x}]O_4.$$

Cette étude permet une interprétation des analyses thermomagnétiques effectuées par Chevallier et Pierre (5) sur des produits d'origine volcanique. Ces laves et ces sables peuvent être considérés comme formés à partir des oxydes de base TiO_2, FeO et Fe_2O_3. Ces auteurs ont observé toute une gamme de points de Curie situés, suivant la composition, entre $-60°$ et 575°.

Nous avons également effectué la synthèse de l'oxyde $TiFeO_3$ en chauffant sous vide un mélange $TiO_2 + FeO$. Ce corps est rhomboédrique et nous avons montré qu'il pouvait donner deux séries de solutions solides avec le sesqui-

---

(1) Bénard et Chaudron, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 766; Bénard, *Thèse*, Paris, 1937 et *Ann. Chim.*, 12, 1939, p. 15.

(2) Huggett et Chaudron, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1617; Huggett, *Thèse*, Paris, 1928.

(3) Michel et Pouillard, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 194.

(4) Michel et Pouillard, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 680.

(5) *Ann. Phys.*, 10, 1932, p. 18, 382.

oxyde rhomboédrique $Fe_2O_3\alpha$. La première série, à base de $Fe_2O_3\alpha$, est limitée à environ $2Fe_2O_3$, $TiFeO_3$; la seconde série, à base de $TiFeO_3$, est limitée vers 2 $TiFeO_3$, Fe_2O_3. Les solutions solides à base de Fe_2O_3 sont ferromagnétiques; le point de Curie de Fe_2O_3 s'abaisse progressivement à partir de 675°. Au contraire, les solutions solides à base de $TiFeO_3$ sont paramagnétiques.

Enfin, nous avons préparé un titanate ferrique $(TiO_4)_3Fe_4$ par recuit prolongé sous vide vers 900° du mélange $3TiO_2 + 2Fe_2O_3$. Cette phase déjà signalée par Hautefeuille ([6]) apparaît dans notre étude systématique du système $TiO_2 - Fe_2O_3$. Ce titanate ferrique est tétragonal à faces centrées (presque cubique), avec le paramètre $a = 9,39$ Å, $c = 9,50$ Å et $c/a = 1,02$. On a été conduit à admettre pour ce dernier corps une structure cristalline voisine de celle de l'eulytine $(SiO_4)_3Bi_4$ ([7]). Le calcul montrerait que la distance entre certains atomes de fer est de l'ordre de 2,80 Å, distance caractéristique du ferromagnétisme dans les composés du fer ([8]). Ce composé est en effet faiblement ferromagnétique et montre un point de Curie à 260°.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du fer métallique dans la poudre des minerais.* Note de M. **Michel Portessis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Certains minerais contenant du corindon ou du diaspore, comme l'émeri et quelques variétés de la bauxite, sont extrêmement durs et présentent une grande résistance au broyage.

Dans le cas de la bauxite surtout, pour préparer un échantillon moyen, destiné à l'analyse, on est obligé de concasser une quantité considérable de minerai dans des mortiers de fer qui, par cela, subissent une usure manifeste.

La séparation par l'aimant des petites grenailles de fer, provenant du mortier et du pilon, n'est pas possible, vu la présence sûre ou éventuelle de magnétite dans le minerai. Par conséquent un dosage particulier du fer métallique dans la poudre du minerai devient nécessaire.

Pour ce dosage nous avons fait usage de l'appareil de Schlösing-Grandeau, modifié par Schulze-Tiemann, qui sert au dosage des nitrates dans les engrais, les eaux résiduaires, etc. Dans le ballon de 150^{cm^3} de l'appareil on met la poudre pesée à analyser (5 à 6^g) et l'on y ajoute 60^{cm^3} d'eau distillée. On procède ensuite par ébullition à l'expulsion de l'air contenu dans l'appareil et l'on met l'éprouvette graduée remplie de solution de potasse sur l'orifice du tube d'adduction des gaz. En pressant maintenant la pince du tube de l'introduction des liquides, on laisse arriver dans la fiole 30^{cm^3} environ d'acide

([6]) Hautefeuille et Bourgeois, *Bull. Soc. Min.*, 9, 1886, p. 248.

([7]) Ewald, *Strukturbericht*, Leipzig, 1, 1931, p. 300.

([8]) Heisenberg, *Z. Phys.*, 49, 1928, p. 619; Forrer, *J. Phys.*, 7, 1935, p. 109, 186 et 501.

chlorhydrique-1.1, préparé avec de l'eau fraîchement bouillie. Le dosage est terminé lorsque tous les gaz produits dans la fiole ont été expulsés dans l'éprouvette par ébullition.

Pour la bonne exécution de l'analyse on prend toutes les précautions nécessaires, comme dans le cas du dosage des nitrates. La quantité de fer métallique contenu dans la poudre est calculée par le volume de l'hydrogène mesuré finalement dans l'éprouvette.

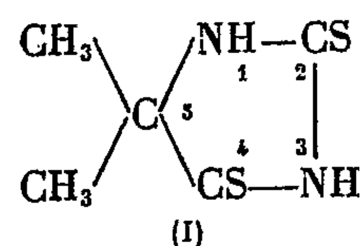
Ce mode de dosage nous a donné de très bons résultats dans le cas des poudres de minerais ou de roches siliceuses mélangées à de petites quantités *connues* de limaille de fer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les sulfoniums dérivés des dialcoyl*-5.5 *dithio*-2.4 *hydantoïnes*. Note (*) de MM. **René Hazard, Jean Cheymol, Pierre Chabrier** et Mlle **Klaudia Smarzewska**, présentée par M. Marcel Delépine.

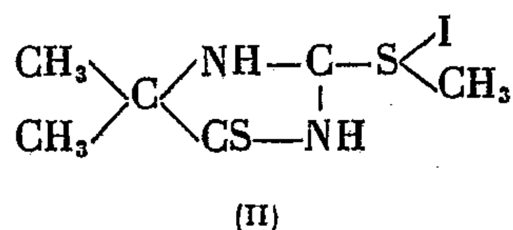
Nous avons déjà signalé ([1]) quelques propriétés chimiques et pharmacologiques de la diméthyl-5.5 dithio-2.4 hydantoïne [formule (I)].

Dans cette Note nous montrerons le caractère accepteur des atomes de soufre situés en position 2 et 4 et signalerons une transformation singulière d'un dérivé sulfonium.

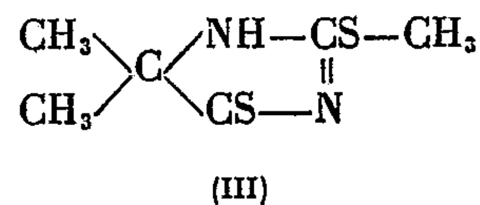
Si l'on ajoute à une solution éthérée de diméthyl-5.5 dithio-2.4 hydantoïne, une quantité sensiblement équimoléculaire d'iodure de méthyle, on observe assez rapidement la séparation d'un dérivé sulfonium [formule (II)]



(I)



(II)



(III)

Ce composé répond bien à la formule (II); en effet le thioéther [formule (III)] obtenu par action du bicarbonate de sodium en milieu aqueux sur ce dérivé sulfonium [formule (II)] est isomère de position du thioéther [formule (IV)] obtenu par alcoylation directe de la diméthyl-5.5 dithio-2.4 hydantoïne dont nous avons par ailleurs ([2]) précisé la constitution et donné quelques propriétés.

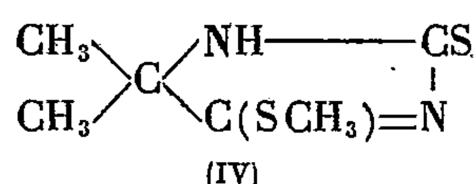
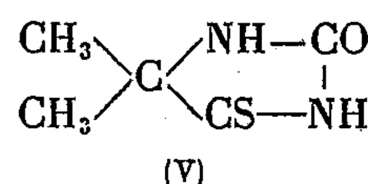
Le dérivé sulfonium [formule (II)] est un composé très soluble dans l'eau fondant à 193°; toutefois ses solutions aqueuses ne sont pas stables, elles abandonnent peu à peu la diméthyl-5.5 thio-4 hydantoïne [formule (V)] prenant

(*) Séance du 14 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1850 et 2018; 227, 1948, p. 312 et 736; 228, 1949, p. 958.

([2]) *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

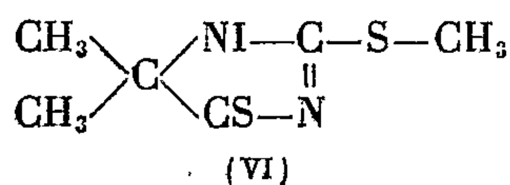
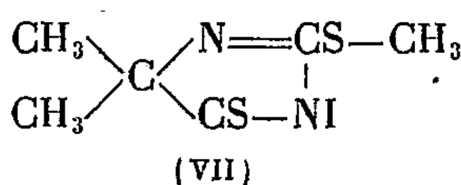
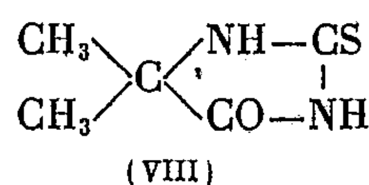
naissance par hydrolyse acide du thioéther [formule (III)]

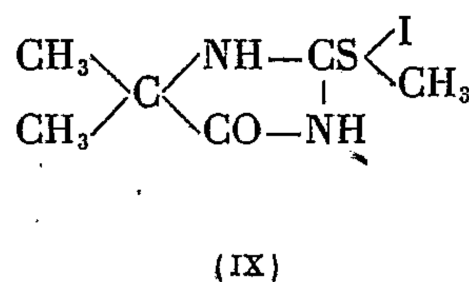
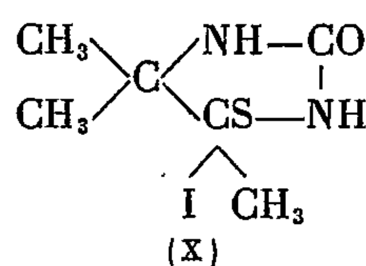
Ce même dérivé sulfonium [formule (II)] conservé sous l'éther se transforme lentement et partiellement en un dérivé grenat foncé que l'on peut aisément séparer du composé initial en traitant le mélange par l'eau qui dissout seulement le dérivé sulfonium [formule (II)]. Cette transformation semble plus rapide si l'on expose le dérivé sulfonium à l'action de la lumière.

La constitution de ce composé grenat insoluble dans l'eau et dans l'éther mais soluble dans l'alcool qu'il colore en rouge vif peut être établie. En effet d'une part ce composé possède un atome d'iode actif (libérant l'iode d'une solution acide d'iodure de potassium); le titrage iodométrique de l'iode libéré conduit à un poids moléculaire de 290 [théorie 300 (formule (VI)]; d'autre part le produit de réduction après départ de l'iode actif est le thioéther F 167° [formule (III)] ou la thiohydantoïne F 240° [formule (V)] selon que l'on opère en milieu neutre ou acide.

Les formules isomères (VI) et (VII) semblent donc représenter ce composé.


ou



Signalons d'autre part que si la diméthyl-2.4 thio-2 hydantoïne [formule (VIII)] fixe aisément l'iodure de méthyle en milieu éthéré pour conduire au sulfonium [formule (IX)], la diméthyl-5.5 thio-4 hydantoïne [formule (V)] ne fixe cet iodure qu'avec une extrême lenteur en donnant le sulfonium [formule (X)]

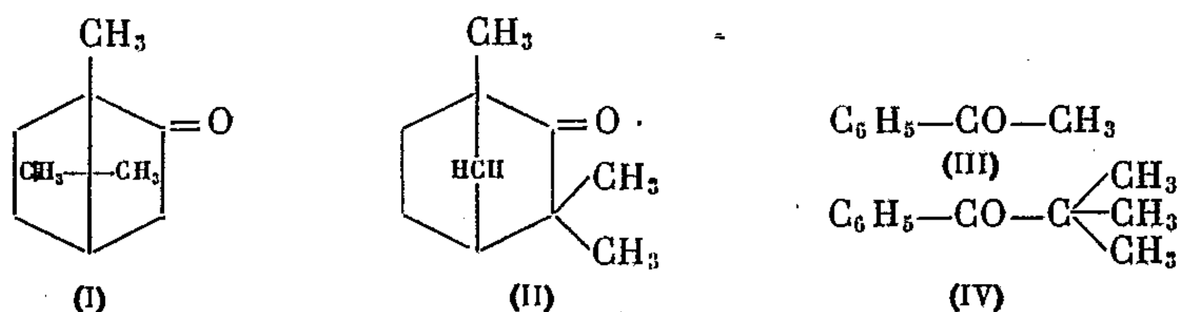



L'atome d'hydrogène situé en position 3 [formule (I)] est donc le plus labile, le groupement thiocétonique 4 le moins acide mais le plus facilement éthérifiable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Rôle du facteur stérique dans la séparation chromatographique des cétones et de leurs oximes.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Bernard Gastambide**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré dans une précédente Note [1] que si l'on chromatographie un mélange de deux alcools isomères, celui qui s'élue le premier est l'isomère dont la fonction alcool est la plus encombrée.

Nous avons étendu ces recherches au cas des cétones et de leurs oximes et nous donnons ici les résultats obtenus avec le camphre (I) et la fenchone (II) d'une part, avec l'acétophénone (III) et la pseudobutyl-phényl cétone (IV) d'autre part, enfin avec les oximes du camphre et de la fenchone.



L'alumine (400^g) est la même que celle de la Note précédente (intermédiaire aux forces I et II selon Brockmann). On prend 5^g de chaque corps, le mélange étant dissous dans 1 litre d'éther de pétrole.

Camphre, fenchone. — Les pouvoirs rotatoires sont pris dans la ligroïne ($c = 0,05$). Nous ne donnerons ici que ceux de la raie jaune du mercure. Fenchone naturelle droite É 193-193°,5 $[\alpha] + 59°,0$ et camphre gauche $[\alpha] - 53°,2$ (préparé par oxydation chromique du mélange bornéol-isobornéol utilisé précédemment). Colonne de $45 \times 3^{cm},5$.

Fraction.	Solvant (cm^3).		Corps élué (g).	$[\alpha]$.	Camphre (%).
1	Éther de pétrole.......	300	1,6	+58,6	0,4
2	»	400	0,5	+59,8	0
3	»	1 100	0,7	+56,2	3
4	benzène	1 100	2,7	−41,4	89
5	»	400	0,6	−50,9	98
6	»	2 000	0,4	−49,6	97

On voit que la séparation est excellente. On recueille seulement $6^g,5$ de produit, la perte par volatilité étant de $1^g,9$ pour la fenchone et de $1^g,6$ pour le camphre. La fenchone dont la fonction CO est plus encombrée que celle du camphre, s'élue d'abord. Cet encombrement se manifeste également par des mesures de vitesses d'oximation : dans des conditions identiques le camphre donne 36 % d'oxime alors que la fenchone n'en donne pratiquement pas ($\leqq 1,5$ %).

---

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1201.

Acétophénone, pseudobutyl-phényl cétone. — La pseudobutyl-phényl cétone est préparée par action du chlorure de pseudobutyl-magnésium sur le chlorure de benzoyle, purifiée par passage à l'état de semi-carbazone (F 160-160°,5) et distillée (É 227-228°); l'acétophénone (É 201-202°). Colonne de 41,5×3cm,65.

Les pourcentages en chacune des deux cétones sont déterminés par comparaison de la vitesse d'oximation de la fraction recueillie à celle de mélanges connus. La méthode est peu précise, l'acétophénone s'oximant environ 5,5 fois plus vite que la pseudobutyl-phényl cétone. Elle est néanmoins suffisante pour le but poursuivi.

Fraction.	Solvant (cm³).		Corps élué (g).	Acétophénone (%).
1	Éther de pétrole.........	200	1,05	0
2	»	200	1,25	0
3	»	400	1,25	5
4	»	800	1	24
5	»	1500	0,75	75

Les dernières fractions obtenues avec des éluants plus forts, contiennent 2g de produits de condensation de l'acétophénone, non entraînables à la vapeur d'eau et 2g,1 d'un mélange à 70 % d'acétophénone et 30 % de pseudobutyl-phényl cétone.

Oximes du camphre et de la fenchone. — Les pouvoirs rotatoires sont pris dans l'acide acétique cristallisable ($c = 0,05$) pour la raie jaune du mercure. Colonne de 40×3cm,65. Oxime de la *d*-fenchone, F 165° $[\alpha] = +65°,8$. Oxime du *d*-camphre, F 118,5-119° $[\alpha] = -53°,6$.

Fraction.	Solvant (cm³).		Corps élué. (g).	[α].	Oxime du camphre (%).
1	Benzène..............	1 300	0,7	+65,0	0,7
2	Éther.................	200	1,45	+66,2	0
3	»	400	1,40	+63,6	2
4	»	400	0,65	+52,8	11
5	»	3 100	2	−22,2	74
6	Acétone..............	200	3,2	−34,8	84

Mentionnons également les premiers résultats obtenus sur d'autres couples. Si l'on a une séparation très faible sur un mélange de dihexyl et de dicyclohexyl cétones, par contre la dibutyl et la dipseudobutyl cétones se séparent bien ainsi que la butyl-phényl et la pseudobutyl-phényl cétones (la butyl-phényl cétone donne d'ailleurs lieu comme l'acétophénone à des phénomènes de condensation).

Dans tous les cas, *l'isomère ou l'homologue dont la fonction est la plus encombrée s'élue le premier*. On voit ainsi que, comme pour les alcools, le facteur stérique joue un rôle important dans la chromatographie des cétones et de leurs oximes.

GÉOLOGIE. — *L'évolution actuelle du delta du Rhône: phénomènes généraux.* Note de Mme **Christiane Duboul-Razavet**, présentée par M. Paul Fallot.

Le littoral du delta est instable. En recul rapide dans la région des Saintes-Maries-de-la-Mer ainsi que dans celle de Faraman où l'ancien phare jadis construit en retrait du rivage est environné par les flots, il est en progression rapide au voisinage de l'embouchure actuelle du Grand-Rhône (Grau de Roustan), ainsi que dans le Golfe de Fos. Cette différence de sens de l'évolution littorale tient évidemment au fait que les apports sédimentaires de la branche occidentale du delta (Petit-Rhône) sont aujourd'hui négligeables (en raison de la lenteur du courant) vis-à-vis de ceux du Grand-Rhône dont les eaux rapides et troubles apportent à la mer la plus grosse partie du matériel alluvial charrié par le fleuve. Toutes choses égales d'ailleurs, il semble que l'on puisse dire avec quelque vraisemblance que la charge sédimentaire des eaux (dans le sens le plus général du terme) est un des facteurs importants dont dépend le sens des actions marines littorales.

Dans l'Ouest de l'avancée médiane du delta, les flèches sédimentaires de la pointe de Beauduc sont en progression lente et continue. Leur orientation vers l'intérieur du Golfe des Saintes-Maries, en quelque sorte en sens inverse de la direction habituelle de transfert des sédiments dans la région, montre que ces flèches résultent probablement du phénomène bien connu de réfraction des lames provoqué par la courbure du littoral en cette région. L'existence et la progression actuelles de ces cordons littoraux appuyés à une côte en voie de régression (côte de Faraman) ne sont sans doute que transitoires.

Par suite de son évolution actuelle, l'embouchure actuelle (grau de Roustan) est particulièrement intéressante. Bordée de quelques îlots en voie de rattachement plus ou moins rapide au rivage et envahie par d'épaisses roselières qui favorisent le dépôt et la consolidation des alluvions, la rive droite est en voie de sédimentation rapide. Aux abords immédiats de l'embouchure, elle se complique de plusieurs crochons sédimentaires en voie d'émersion, *rebroussés vers l'amont*, parfois très allongés et dont le plus externe apparaît comme la prolongation d'un cordon littoral qui s'étend assez loin vers l'Ouest parallèlement au rivage. Les concavités abritées de ces crochets sédimentaires forment de véritables *pièges à sédiments* en voie de remblayage rapide par les ultra-fins et les vases. La rive gauche est au contraire en voie de recul rapide, souligné par l'existence presque générale d'un talus d'érosion et quelquefois par le déchaussement de végétaux primitivement établis sur le sol ferme. Le phénomène semble dû aux vagues (surtout vers l'embouchure) et à la dénivellation transversale (laquelle entraîne l'apparition d'un courant de fond compensateur dirigé en sens inverse) résultant des vents du Sud-Ouest.

A son débouché, le Grau de Roustan est partagé en deux par une île trian-

gulaire (they) de formation récente. Celle-ci s'accroît visiblement par sa côte Sud, le long de laquelle a tendance à se former, en contact presque immédiat avec le rivage, un cordon littoral étroit qui se développe surtout aux angles Est et Ouest de l'île, en passant à des crochons sédimentaires rebroussés vers l'amont (morphologiquement assez différents à l'Est et à l'Ouest en raison de l'orientation dominante des vagues) et dont là encore, les parties concaves ont tendance à jouer le rôle de pièges à sédiments. Ce mode d'accroissement de l'île, d'origine frontale et à développement latéral, remonte vraisemblablement aux premiers temps de son apparition car il existe en son centre une dépression (que l'on retrouve sur les îles plus anciennes, maintenant rattachées à la masse du delta) qui s'est sans doute trouvée isolée par le développement des premiers crochets sédimentaires et a été ultérieurement arrondie, probablement par suite de phénomènes tourbillonnaires. Le développement d'un système dunaire magnifiquement schématique sur le rivage sud du they permet de penser que les actions éoliennes jouent un rôle très important (sur lequel je ne puis insister ici) sur l'émersion et la consolidation de ces îles. L'étude granulométrique des sables du they par la méthode de A. Rivière, montre qu'ils correspondent, comme ceux du grau, à un matériel fluviatile évolué.

Les observations précédentes, faites sous la direction personnelle du professeur A. Rivière, montrent pourquoi l'évolution actuelle du delta se fait par une série de cycles successifs caractérisés par l'apparition d'îles triangulaires partageant l'embouchure en deux bras dont le plus occidental tend à se combler peu à peu, surtout par colmatage de sa rive Ouest, le bras oriental tendant à s'élargir et à prendre la prépondérance jusqu'au moment où il se divise à son tour par l'apparition d'un nouveau they. La trace de cette évolution peut être retrouvée en différentes régions du delta, surtout au voisinage immédiat de l'embouchure actuelle. Ce mécanisme explique aussi le phénomène bien connu de la migration orientale des embouchures vers le Golfe de Fos.

Les mêmes observations montrent que si le fleuve joue un rôle essentiel par la masse de ses apports sédimentaires, *la mise en place de ceux-ci dépend surtout des actions littorales*, fait qui semble être le meilleur caractère de ce type de delta. L'évolution de la partie émergée de celui-ci peut être considérée comme résultant, compte tenu des conditions océanographiques locales, de la lente évolution des profils d'équilibre littoraux sous l'effet du remblayage progressif de la partie sous-marine du delta.

On peut enfin en déduire que, en dehors des interventions humaines, le Rhône finirait par se jeter définitivement dans le Golfe de Fos où se constituerait sans doute à la longue un delta de type mississipien dont l'évolution dépend de facteurs très différents. Il en résulterait à peu près sûrement le comblement d'une grande partie du Golfe.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques formations récentes observées dans l'Est du Sahara algérien.* Note de M. **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans les régions sahariennes comprises entre Fort Flatters et l'ancienne frontière libyque, nous avons observé diverses formations récentes parmi lesquelles on peut tenter d'établir une succession stratigraphique.

Le calcaire de Fort Flatters. — Immédiatement au Sud de Fort Flatters, on remarque un entablement de calcaire blanc, parfois silicifié, passant latéralement à un calcaire gréseux gris ou noir. Il s'agit d'un niveau lacustre plus récent que les argiles rouges et vertes du Djoua et emboîté par rapport à la falaise cénomanienne, de 55^m à l'Est de Tabtab, de 65^m à Fort Flatters. Nous y avons récolté deux moules externes de Planorbes, malheurement indéterminables; on y observe, en plaque mince, des tiges de Characées et des grains de quartz clastiques.

Ce terrain affleure au bord de l'erg ou bien couronne des *gour* dans toute la région de Tabtab. Il s'étend vers le Sud, reposant indifféremment sur les argiles et grès du « continental intercalaire » dans les indentations de l'erg, ou sur les grès du « continental post-tassilien » dans les *feidj* de l'Erg Issaouane. Nous l'avons retrouvé ainsi, vers le Sud-Ouest, dans le feidj Anou Edjéré et au delà de la Gara Khanfoussa; et aussi très loin à l'Est, dans l'Erg Tidjid Ekanine, à l'état de calcaires noduleux blancs et rouges.

Quel âge attribuer au calcaire de Fort Flatters ? Emboîté profondément par rapport au Tinrhert, il est nettement raviné par le Quaternaire : la vallée du Djoua a été creusée en contre-bas, de 20^m à l'Est de Tabtab, de 32^m à Fort Flatters. Ces considérations inclineraient à en faire probablement du Pliocène. Il paraît très comparable, d'une part aux calcaires de Mourzouk et du Chati tels qu'ils ont été décrits par P. Bellair ([1]), d'autre part aux croûtes hamadiennes du Sud-Oranais. Si nos assimilations sont exactes, on relierait ainsi par de nombreux affleurements nouveaux les formations lacustres du Sud-Oranais et celles du Fezzan, dont les points extrêmes étaient, jusqu'ici, séparés par une distance de 1200^{km}.

Les formations quaternaires du Djoua. — Après un abaissement du niveau de base par rapport au régime lacustre précédent, durant une période humide datant probablement du Quaternaire ancien, un puissant cours d'eau creusa la vallée du Djoua, en contre-bas du calcaire de Fort Flatters. Il débouchait vers l'Ouest dans une dépression située, dès cette époque, au pied des plateaux cénomano-turoniens et où aboutissait également l'oued Irharhar. Des affluents de droite de ce dernier ont, eux aussi, entaillé le calcaire lacustre précipité à l'Ouest de la Gara Khanfoussa.

([1]) *Trav. Institut Recherches sahar.*, IV, 1947, p. 155.

Lorsque survint un changement de climat, dans un Quaternaire plus récent, le fleuve du Djoua cessa de couler avant l'Irharhar. Celui-ci, plus puissant et mieux alimenté par les montagnes du Hoggar, étendit ses alluvions jusqu'à l'entrée occidentale du Djoua, qui se trouva ainsi obstrué par un reg à dragées de quartz et galets paléozoïques.

La sécheresse s'accentue et, seuls, des torrents temporaires dévalent de la falaise cénomanienne; ils poussent leurs cônes de déjection à galets de calcaires et de silex crétacés jusqu'au milieu du Djoua, encombrant la vallée et y déterminant un chapelet de sebkras sans écoulement sur le sol argileux. Lors des pluies, des Mollusques pullulaient dans ces fonds humides; leurs coquilles demeurent maintenant sur le sol ou bien se trouvent enfouies dans les argiles remaniées. Nous avons récolté autour de Fort Flatters, et aussi dans la sebkra de Tan Elak, à 80^{km} au Sud-Sud-Ouest, les formes suivantes déterminées par M. E. Fischer : *Corbicula fluminalis* Müll. var. *saharica* Fischer, qui paraît caractériser les parties du Sahara d'où est exclu *Cardium edule*; *Hydrobia Peraudieri* Bourg.; *Melania tuberculata* Müll.; *Lymnæa Caillaudi* Bourg.; *Bulinus strigosus* Martens; *Valvata Tilhoi* Germain, décrit du Tchad, retrouvé au Fezzan [1] et dont la région de Fort Flatters serait le troisième habitat connu; *Planorbis bridouxianus* Bourg.; *Planorbis fouladougouensis* Germain, décrit du Sénégal, retrouvé dans le Lac Édouard, au Tibesti, au Fezzan. Ainsi la région de Fort Flatters, comme le Fezzan et le Tassili des Ajjer, se rattache à l'Afrique soudanaise par une faune malacologique différente de la faune moghrébienne qui peuple, à la même latitude, le Touat et le Tidikelt.

On notera encore une formation superficielle très récente de sables rougeâtres, épais d'une douzaine de mètres, sur laquelle s'était établie une végétation d'arbustes. Les sables sont maintenant exposés à l'attaque du vent et l'érosion peut descendre jusqu'aux argiles rouges et vertes sous-jacentes. Il se forme alors de curieuses buttes coniques rongées par la déflation, au point qu'on peut attribuer une certaine part à l'action éolienne dans le déblaiement actuel du Djoua.

Les tufs et grès récents. — Signalons enfin, pour les mettre à part, des niveaux de sables plus ou moins grésifiés, contenant des tufs calcaires ou siliceux à végétaux [*Phragmites maxima* (Forsk.), plante sub-fossile au Sahara, mais vivante dans le Tchad et le Niger [1]], que nous avons rencontrés dans les dunes vers la frontière fezzanaise : Bourarhet, Ouan Abecheu, Ouan Sidi, feidj à l'Est de l'Edjelé, In Azaoua. Il s'agit là de dépôts sub-actuels dus à des eaux ascendantes.

---

(1) E. Fischer-Piette, *Bull. Muséum Hist. Nat.*, Paris, 2, XX, 1948, p. 180.

(1) Détermination due à l'obligeance de M. E. Boureau.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'influence de la printanisation sur les glucides de l'albumen du grain de Blé.* Note (*) de M. **Roger David**, transmise par M. Henri Devaux.

L'influence des basses températures provoque pendant la printanisation des semences de Céréales (variétés d'hiver) des modifications profondes du métabolisme de la plantule, qui se traduisent morphologiquement au cours du développement de la plante par la différenciation des chaumes et des organes reproducteurs.

L'étude de ces phénomènes biochimiques a déjà fait l'objet de diverses publications ([1]). Nous avons montré notamment que le traitement provoque dans l'embryon du Blé une accumulation de glucides directement utilisables par la plantule au cours de sa croissance ultérieure. Mais il importait aussi de préciser le rôle de l'albumen, particulièrement riche en amidon, en recherchant les modifications subies pendant le traitement par cette substance de réserve. Tel est le but de la présente Note.

Nous avons utilisé pour nos recherches divers lots de Blé Vilmorin 27 de provenances différentes.

Nous avons effectué l'analyse des albumens isolés après séparation des jeunes plantules. Les dosages ont porté sur des lots témoins constitués par des albumens provenant de semences dont la germination avait lieu à 24-25° C. environ et des sujets printanisés qui avaient subi des traitements de un à deux mois environ à une température de 2° C. Nous avons utilisé la même technique que précédemment ([2]).

L'examen des résultats mentionnés dans le tableau ci-contre et des courbes que l'on peut en tirer exprimant les variations de la teneur en glucides en fonction de la longueur du coléoptile montre que, si l'on compare des plantules de même taille printanisées et témoins :

1° le poids sec de l'albumen est toujours plus faible chez les sujets printanisés;

2° la quantité de glucides solubles réducteurs et non réducteurs (dosés à l'état de sucres réducteurs après hydrolyse acide ou hydrolyse diastasique) est environ deux fois plus grande (ou davantage) dans l'albumen des sujets printanisés que dans celui des témoins;

3° la teneur en glucides insolubles (dosés à l'état de sucres réducteurs après hydrolyse acide : SO_4H_2, 1 %, 120° C. pendant 1 heure et demie) est, au contraire, toujours plus faible chez les sujets printanisés.

(*) Séance du 28 mars 1949.

([1]) R. David et J. Séchet, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 459-460; R. David et J. Séchet, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 537-539; J. Séchet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 334-336; R. Duperon, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 192-194.

Durée de germination des semences témoins et durée du traitement à 2° C. des sujets printanisés.	Caractéristiques des semences. Poids sec moyen de 50 albumens (mg).	Longueur moy. du coléoptile de la plantule correspondante (mm).	Quantité de glucides pour 1000 plantules (exprimée en mg de glucose). Glucides solubles. Réducteurs libres.	Réducteurs après hydrolyse à l'invertase.	Réducteurs après hydrolyse acide.	Glucides insolubles.
			Blé : premier lot.			
Témoin 3 jours......	1,9167	3	412	712	1 333	28 031
» 3 »	1,8704	6	440	738	1 232	27 000
» 5 »	1,7867	10	740	1 260	1 577	–
» 5 »	1,6065	18	2 750	4 150	4 160	21 500
Printanisé 35 jours...	1,8305	4	1 106	1 790	2 407	23 437
» 33 » ...	1,8182	5	1 106	2 156	2 550	25 150
» 36 » ...	1,7149	11,5	1 931	2 915	3 900	18 377
			Blé : deuxième lot.			
Témoin 4 jours......	2,0458	7,6	1 165	2 150	2 559	29 570
Printanisé 39 jours...	1,9155	7,5	2 190	3 931	5 131	26 050

En résumé : les basses températures provoquent dans l'albumen une accumulation de glucides solubles immédiatement utilisables par la plantule après le traitement. Cette dernière possède donc chez les sujets printanisés l'avantage d'avoir à sa disposition une plus grande quantité de glucides solubles. En outre, nous avons constaté ([2]) qu'elle est elle-même plus riche en glucides que la plantule témoin. Cet enrichissement s'opère donc aux dépens de l'albumen dont la teneur en glucides insolubles est plus faible chez les sujets printanisés que chez les témoins.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Rosacées. Développement de l'embryon chez le* Spiræa Ulmaria *L.* Note de M. **André Lebègue**, présentée par M. René Souèges.

Les recherches sur le développement de l'embryon chez les Rosacées n'ont pas encore été bien nombreuses. Seuls jusqu'ici le *Geum urbanum* L., le *Potentilla reptans* L., et le *Fragaria vesca* L., de la tribu des Potentillées, ont fait l'objet d'études embryogéniques complètes de la part de R. Souèges qui a démontré la similitude du développement de l'embryon chez ces trois espèces ([1]). Nous avons très rigoureusement suivi la marche de la segmentation

([2]) R. David et J. Séchet, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 537-539.

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et p. 1197; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645; *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1972; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 82, 1935, p. 458.

chez le *Spiræa Ulmaria* L., de la tribu des Spirées. On sait que, dans cette tribu, les fruits sont des follicules insérés sur un réceptacle légèrement concave, tandis que les fruits des Potentillées sont des akènes ou des drupes portés par un gynophore central surélevé. Ces différences morphologiques sont assez importantes pour justifier la séparation de ces deux tribus, distinction adoptée d'ailleurs par tous les systématiciens. On pouvait se demander si des investigations embryogéniques ne feraient pas apparaître de nouvelles et plus profondes divergences.

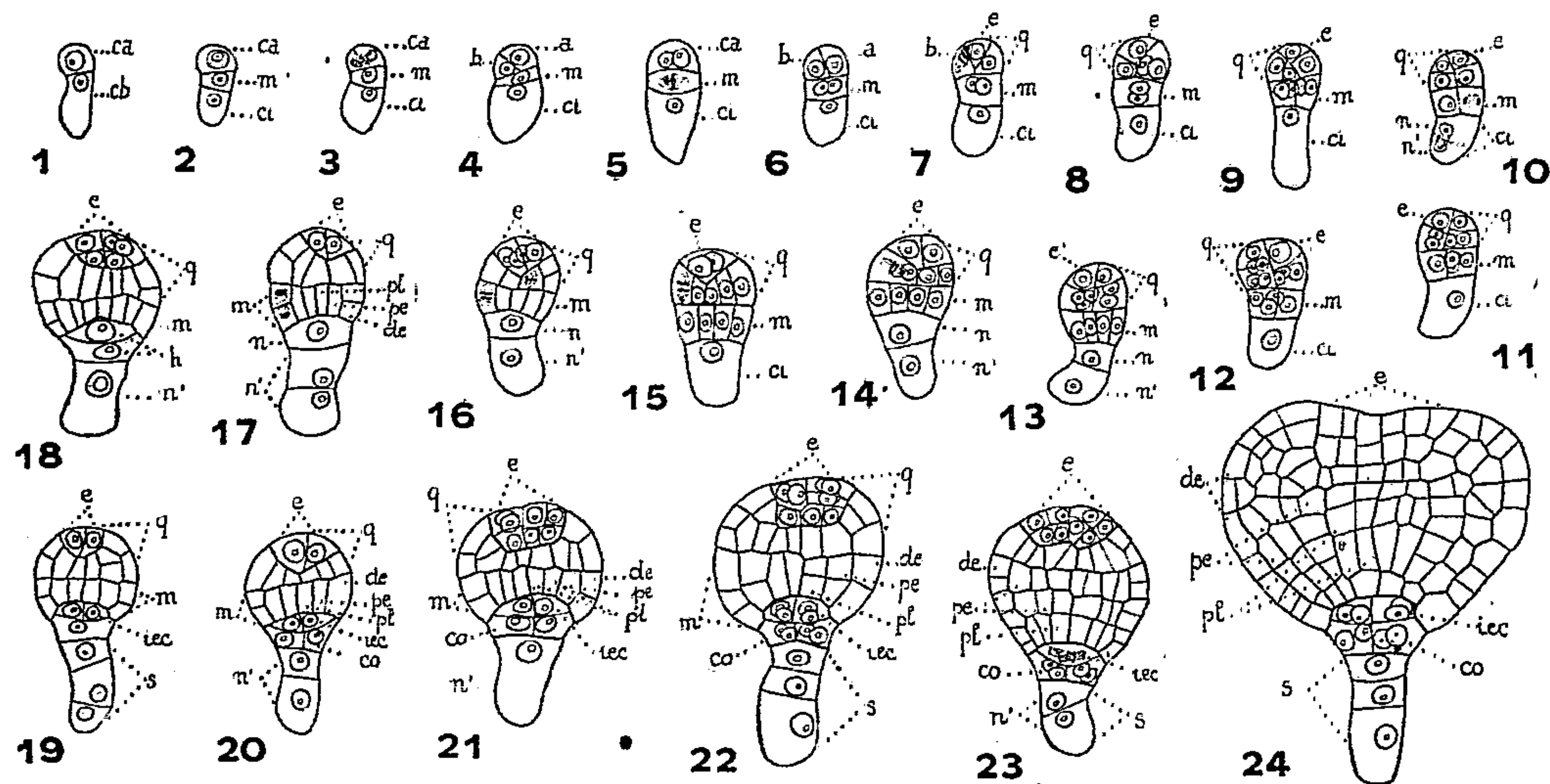


Fig. 1 à 24. — *Spiræa Ulmaria* L. — Développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *m*, cellule intermédiaire; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles superposées de *ci*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *h*, hypophyse; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, coiffe; *s*, suspenseur. G. : 270.

Chez le *Spiræa Ulmaria*, la cellule basale *cb* du proembryon bicellulaire engendre, par une cloison horizontale, une cellule médiane *m* et une cellule inférieure *ci* (*fig.* 2). La cellule apicale *ca* prend alors une paroi oblique délimitant deux cellules de taille différente, *a* plus grande et *b* plus petite (*fig.* 3 et 4). On obtient ainsi une tétrade en T de la catégorie B_2. Des cloisons cruciales méridiennes partagent la cellule *m* en quatre cellules circumaxiales (*fig.* 5 à 11). Les éléments issus de *ca* se segmentent, *a* par une cloison oblique et *b* par une paroi à peu près verticale, engendrant les quadrants *q* (*fig.* 7 à 9). Ces éléments sont disposés en tétraèdre, le quadrant du sommet *e* forme l'épiphyse. La cellule inférieure *ci* donne ultérieurement deux cellules *n* et *n'* superposées (*fig.* 10 et 13), mais elle peut rester longtemps indivise, même chez des embryons passablement âgés, comme le montrent les figures 9, 12 et 15. De toute façon, le proembryon à ce stade possède toujours quatre étages, *q*, *m*, *n* et *n'*.

Dans l'étage *q* la cellule épiphysaire *e*, origine du point végétatif de la tige, prend assez tardivement des cloisons cruciales méridiennes (*fig.* 14 à 16), puis dans les quatre cellules circumaxiales formées s'établissent des cloisons tangentielles (*fig.* 18). Les dimensions et les caractères de colorabilité du massif épiphysaire permettent de suivre ses limites jusqu'à un stade évolutif très avancé. Les trois autres quadrants sous-épiphysaires engendrent les cotylédons et des éléments qui entrent dans la construction du cylindre central

de la tige (*fig.* 11 à 24). L'étage *m* donne l'axe hypocotylé suivant les processus habituels (*fig.* 13 à 24). La cellule *n*, ou plus rarement sa cellule-fille supérieure, se convertit en une hypophyse véritable engendrant les initiales de l'écorce de la racine et le primordium de la coiffe (*fig.* 18 à 24). Les parties latérales de ce tissu se forment par segmentation, tangentielle des éléments inférieurs du dermatogène de l'hypocotyle. Chez les Potentillées, l'hypophyse se différencie également à partir de la cellule *n* ou de sa fille, le plus souvent à partir de la cellule petite-fille de *n*. Nous n'avons jamais constaté une différenciation aussi tardive chez l'Ulmaire. Cette précocité de la différenciation de l'hypophyse s'accorde avec le retard dans la segmentation de *ci* et le faible développement du suspenseur. L'étage *n'* engendre quelques cellules formant un suspenseur court et non plus filamenteux comme cela est de règle chez les Potentillées (*fig.* 17 à 24).

Le développement du *Spiræa Ulmaria* présente donc d'étroites analogies avec celui des trois représentants de la tribu des Potentillées précédemment étudiés. Les lois fondamentales du développement sont les mêmes dans tous les cas. Toutes ces espèces se rattachent au type embryonomique du *Geum urbanum* (²). Il existe, en effet, chez l'Ulmaire comme chez la Benoîte, une épiphyse issue d'une cellule petite-fille du blastomère apical *ca* du proembryon bicellulaire; l'hypocotyle provient de l'élément médian *m* de la tétrade; il se différencie une hypophyse dérivant de la cellule inférieure *ci*. On note toutefois, chez le *Spiræa Ulmaria*, un certain retard dans la segmentation de *ci*, une réduction marquée du suspenseur et une différenciation relativement précoce de l'hypophyse.

Il serait intéressant d'étudier comparativement le développement de l'embryon chez beaucoup d'autres Rosacées pour savoir s'il ne se rencontrerait pas des variations plus ou moins importantes dans cette vaste famille, dite par enchaînement, dont les caractères morphologiques sont assez disparates et les affinités systématiques encore si discutées.

CRYPTOGAMIE. — *Métachromatine et pseudovacuoles des Cyanophycées.* Note (*) de M. **Raymond Dughi**, présentée par M. Auguste Chevalier.

La cellule végétative de la gonidie bleue du *Kœrberia biformis* Mass. constitue, ainsi que nous l'avons signalé (¹), tant par ses dimensions relativement grandes (16-18$^{\mu}$ de largeur) que par la clarté de son contenu, un objet des plus favorables pour les recherches cytologiques, auquel nous nous sommes adressé afin de préciser certains de nos résultats antérieurs sur les inclusions cellulaires des Cyanophycées.

La disposition non massive de leur corps central en un réseau hyalin

---

(²) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3ᵉ fascicule, *Première période du système embryogénique*, Paris, 1948, p. 47.

(*) Séance du 28 mars 1949.

(¹) *Rev. gén. de Bot.*, 53, 1946; p. 412-450.

filamenteux bien distinct du chromoplasme et muni d'apophyses, ou en un simple filament plus ou moins ramifié, semblable à un fragment de fil de fer barbelé, comme aussi une moindre teneur en métachromatine ([2]), nous ont permis d'apporter plus de rigueur dans la localisation des corpuscules métachromatiques. On constate, en effet, que le filament central porte ordinairement, *incluses dans sa masse*, des granulations réfringentes, dont les plus petites se situent à la limite de la visibilité microscopique, et qui, sur une portion déterminée du corps central, peuvent être exactement comptées et repérées.

A chacune de ces granulations, après emploi des diverses méthodes de colorations vitales et non vitales, correspond un corpuscule métachromatique caractérisé par l'ensemble de ses propriétés ([3]), tandis que, par suite de l'action des acides sur la colorabilité des corpuscules et du gonflement qu'ils provoquent, d'autres corpuscules, également inclus dans le filament central et d'abord infravisibles, apparaissent en petit nombre et viennent s'ajouter aux corpuscules primitifs. Tous ces corpuscules, déjà bien localisés dans un corps central étroit, sont susceptibles d'une localisation plus stricte encore : les colorations progressives au bleu de méthylène du matériel frais ou fixé à l'aide de liquides simples ou de mélanges capables de conserver la métachromatine ([4]), de même que les préparations à l'hématoxyline ferrique, montrent qu'ils siègent, lorsqu'ils sont de faibles dimensions, sur le filament fondamental du corps central, et non dans la gaine étroite de *nucléoplasme* qui l'enveloppe irrégulièrement.

Il est aisé de se convaincre, au cours des essais d'acido-résistance des colorations par les bleus métachromatiques dans l'acide sulfurique à 1 % en volume sur du matériel non fixé (réaction I de Meyer) ou sur du matériel fixé (réaction If de Meyer), que les corpuscules métachromiques du corps central sont les seuls de la cellule et que ceux qu'on a notés dans le chromoplasme y sont toujours dans des annexes du corps central. C'est là, nous semble-t-il, en dehors

---

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1375-1377.

([3]) L'acido-résistance de la coloration des corpuscules par les bleus métachromatiques est supérieure à celle de la coloration du corps central; elle comporte deux degrés : l'acido-résistance de la forme normale bleue du colorant et l'acido-résistance de la forme métachromatique rouge, cette dernière bien supérieure à la première et compliquée d'alcoolo-résistance. L'acido-résistance de la coloration rouge du corpuscule est par ailleurs plus faible que celle de la même coloration chez la substance fondamentale du cartilage ou chez quelques mucilages exsudés en faible quantité par des Cyanophycées filamenteuses (*Phormidium favosum*).

Les corpuscules métachromatiques des Cyanophycées sont acidophiles à l'état frais (bleus acides, éosine, fuchsine acide, etc.); ils perdent cette propriété après fixation à l'alcool. Contrairement à la basophilie, l'acidophilie des corpuscules résiste assez longtemps à l'action des alcalis.

([4]) Le Bouin cuprique fait au moins disparaître la basophilie des corpuscules.

des arguments que nous avons précédemment présentés (*loc. cit.*), une raison suffisante pour écarter l'hypothèse de la précipitation vers le corps central d'une métachromatine dissoute dans les *vacuoles* nées de l'action des colorants vitaux, car ni l'alcool, ni le formol, par exemple, ne sont capables de faire naître de telles vacuoles et d'autre part ne fixent dans le chromoplasme aucun amas de substance douée des caractères de la métachromatine ([5]). Du reste, ici comme ailleurs, les pseudovacuoles à contenu chromotrope engendrées par les colorants vitaux ne procèdent pas de vacuoles condensées contenant de la métachromatine et ne sont le siège d'aucune précipitation de cette substance; c'est, après leur décoloration et le départ de l'eau qu'elles laissent sur place, un dépôt colorable en rouge vif dans les acides forts et la vanilline chlorhydrique.

Chez la gonidie du *K. biformis* la formation de ces pseudovacuoles ne nécessite même pas l'action des colorants : l'eau distillée suffit à les faire apparaître après une à deux heures, en un point quelconque du chromoplasme des cellules des trichomes extraits du prosoplectenchyme du lichen. Elles ont alors toutes les propriétés des pseudovacuoles dues aux colorants ou au vieillissement des cellules, notamment la chromotropie, qu'il faut attribuer, selon nous, à la démixtion de certains composants du chromoplasme destinés à la sécrétion des gaines et des gelées.

Ainsi, sans envisager à cette place le problème de la migration de la métachromatine du corps central vers un chromoplasme très basophile, nous conclurons, contrairement à une notion répandue, que la métachromatine des Cyanophycées, localisée à l'état de corpuscules dans les corps centraux de ces Schizophytes, ne s'y rencontre jamais à l'état de solution dans un suc vacuolaire.

MYCOLOGIE. — *L'immersion des Champignons levuriformes dans les milieux de culture solides.* Note de MM. **Philippe-Jacques Luteraan** et **Maurice Langeron**, présentée par M. Léon Binet.

Une levure ensemencée à la surface de gélose nutritive inclinée peut, au bout d'un temps qui varie, présenter un développement en profondeur accompagné de filaments ou de pseudo-filaments relativement importants. Cette immersion ([1]), toujours secondaire à une phase du développement végétatif en surface ([1]), peut prédominer dans certaines conditions expérimentales.

([5]) M. et Mme A.-Ch. Hollande (*Arch. de Zool. exp.*, 84, 1946, fasc. IX) pensent comme nous que le corps central contient des corpuscules métachromatiques; ils identifient à ces derniers des grains colorés par la fuschsine d'Altmann qu'ils observent sur le « spirémoïde » dans des préparations de *Phormidium Retzii* traitées par une méthode spéciale. Pour eux, la métachromatine centrale passerait, après solubilisation, dans les vacuoles du chromoplasme.

([1]) Langeron et Talice, *Ann. de parasit.*, 10, 1932, p. 1-80, pl. I-V.

L'immersion est un élément morphologique de détermination; elle fait défaut, sur milieux équilibrés en azote et en glucides, chez les *Debaryomyces*, les *Hansenula*, les *Torulopsis*, les *Mycoderma* et en général chez les *Saccharomyces*. Elle est prononcée chez les *Pichia*, les *Candida* des groupes *Albicans* et *Krusei*, chez *C. Tropicalis*, *C. Lipolytica*.

L'immersion est subordonnée à la capacité de filamentisation nulle en anaérobiose.

Elle diminue avec l'augmentation de la concentration en glucides dans un espace confiné s'il y a équilibre azoté du milieu, elle augmente avec elle s'il y a déséquilibre azoté, facteur qui accroît constamment la lipogénèse ([2]) et l'on trouve des enclaves lipidiques importantes au niveau des éléments immergés.

Les substances dont l'assimilation nécessite la déshydrogénation préalable : acides succinique et lactique, glycérol (comme source unique de carbone) favorisent l'immersion et la lipogénèse.

Avec une immersion presque totale apparaît une assimilation adaptive de certains sucres, saccharose, lactose, chez des levures à pouvoir réducteur puissant telles que *Candida krusei* et *C. Lipolytica*. Cette assimilation aboutit notamment à la production de lipides.

La synthèse de corps très réduits est donc liée à des processus de déshydrogénation; ceux-ci sont très limités en anaérobiose et la lipogénèse absente fait alors défaut chez les levures.

Leucine, tyrosine, tryptophane élèvent le Q_0z ([3]), favorisent particulièrement la lipogénèse ([4]), ([5]) et l'immersion. *La cystéine empêche l'immersion et il y a production de glycogène cellulaire au lieu de lipides.*

La déshydratation entraîne une filamentisation abondante ([6]), l'immersion et une lipogénèse accrue.

Les facteurs précités ont une action convergente sur le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire; il est particulièrement bas chez les levures puisqu'il y a réduction du vert Janus au niveau des éléments cellulaires en aérobiose et sur milieux équilibrés, que la levure soit ou non pourvue d'un pouvoir fermentaire; cette réduction, hâtée par l'adjonction de cystéine, est absente sur milieux à la tyrosine ou déséquilibrés en azote.

L'oxygène exerce une action d'ordre catalytique sur les fonctions essentielles : multiplication cellulaire ([7]), protéogénèse. La tension en oxygène, telle qu'elle nous paraît normale, est déjà excessive pour les levures qui s'y adaptent en

---

([2]) HEIDE, *Archiv f. Mikrob.*, 10, 1939, p. 135.
([3]) BÉRAUD, *C. R. Soc. biol.*, 131, 1939, p. 708.
([4]) RAAF, *Archiv f. Mikrob.*, 12, 1941, p. 132.
([5]) LUTERAAN, LANGERON et MÉRY, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 338.
([6]) LANGERON et GUERRA, *Ann. de parasit.*, 16, 1938, 55.
([7]) Observations de Pasteur, Denys-Cochin, H. T. Brown et observations personnelles.

s'immergeant et en excrétant les corps très réduits et autoxydables que sont les lipides; ces manifestations et d'autres ([5]) relèvent d'une *fonction antioxygène physiologique* compensant l'activité desmolytique ([5]).

Les circonstances entraînant l'immersion, sauf si elle est spontanée, sont défavorables à la protéogénèse chez ces organismes à métabolisme variable. La variation inverse de la lipogénése et de la protéogénèse ([2]), ([4]) n'est pas sous la simple dépendance de la tension en ammoniaque intra-cellulaire ([4]), elle relève de l'état d'oxydo-réduction imposé par les circonstances de milieu et de culture à l'équilibre $-SH \rightleftharpoons -S-S-$, le groupe sulfhydrile actif étant présent dans le glutathion et de nombreuses diastases, notamment la succino-déshydrase ([8]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de l'acide phénylborique sur la germination de quelques Apétales.* Note (*) de M. **Fernand Caujolle** et Mlle **Georgette Bergal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis que M. G. Bertrand a signalé en 1903 le rôle du bore en biologie végétale, l'influence de cet élément sur la germination et le développement végétatif des Phanérogames a été étudiée suivant les techniques les plus diverses; ces techniques ont fait intervenir le bore à des concentrations extrêmement variables, mais toujours sous forme de combinaisons minérales, le plus généralement sous forme d'ion borique $BO_3H_2^-$.

Il nous a paru intéressant de rechercher quelle pourrait être l'influence de combinaisons organiques du bore, combinaisons dans lesquelles cet élément serait lié directement au carbone et non susceptible de libérer l'ion simple $BO_3H_2^-$. A cette fin, de l'acide phénylborique a été préparé et purifié très soigneusement; le produit utilisé fondait à 217°.

Nous avons étudié comparativement, dans les mêmes conditions de technique, l'influence de l'acide borique et de l'acide phénylborique sur la germination et le développement des plantules de trois Dicotylédones Apétales Centrospermées, plantes rustiques, abondamment répandues dans les terres cultivées de nos climats: *Chenopodium murale* (Chénopodiacées), *Portulacca oleracea* (Portulaccacées), *Amarantus retroflexus* (Amarantacées); les graines ont été utilisées un an après leur récolte.

L'extraordinaire diffusion du bore rend presqu'illusoire, dans l'état actuel de nos techniques, la possibilité d'expérimenter dans des milieux rigoureusement exempt de cet élément. Sa présence normale dans toutes les graines constitue à elle seule une impossibilité d'observer une germination dans un milieu exempt de bore. Ces considérations nous ont incités à limiter les teneurs

---

([8]) Hopkins et Morgan, *Bioch. J.*, 30, 1936, p. 1446.

(*) Séance du 28 mars 1949.

minima éprouvées à 5.10^{-12} pour l'acide borique et à 1.10^{-11} pour l'acide phénylborique (concentrations isobores).

Des boîtes de Pétri de 100^{mm} de diamètre sont garnies d'une nappe de coton hydrophile recouverte d'une rondelle de papier filtre. Les boîtes contiennent toutes la même quantité de coton (2^g) qui est lui-même imbibé de 25^{cm^3} de la solution du produit éprouvé dissous à des concentrations de 10^{-11} à 10^{-3} dans de l'eau bidistillée tamponnée à pH 6 à l'aide de phosphates alcalins très purifiés.

Pour chaque concentration essayée, 100 graines de chaque espèce sont ensemencées, et pendant toute la durée de l'expérience, les boîtes sont maintenues à 22° (± 3°).

L'apparition des premiers signes de la germination se situe en moyenne le quatrième jour après l'ensemencement pour l'amarante, le troisième jour pour le pourpier, et le cinquième jour pour le chénopode, sauf toutefois dans le cas où une certaine dose du produit essayé se révèle inhibitrice; pour les témoins et les doses non toxiques, le pourcentage maximum de germination est atteint en moyenne le quatrième jour après l'apparition des premières germinations.

Les pourcentages de germinations obtenus ont été les suivants :

Acide borique (P. M. = 62).

Concentration de l'acide borique.	Chenopodium (%).	Amarantus (%).	Portulacca (%).
0 (Témoin)	74	73	40
5.10^{-12}	86	76	56
5.10^{-11}	90	75	61
5.10^{-10}	85	78	49
5.10^{-9}	80	54	36
5.10^{-8}	77	62	43
5.10^{-7}	86	76	54
5.10^{-6}	82	76	49
5.10^{-5}	88	60	37
5.10^{-4}	87	85	47

Acide phénylborique (P. M. = 122).

Concentration de l'acide phénylborique.	Chenopodium (%).	Amarantus (%).	Portulacca (%).
0 (Témoin)	78	90	49
10^{-11}	75	64	45
10^{-10}	79	87	40
10^{-9}	88	69	33
10^{-8}	73	69	25
10^{-7}	73	85	39
10^{-6}	71	74	30
10^{-5}	78	90	33
10^{-4}	89	61	40
10^{-3}	39	8	6

Ces données permettent de conclure que le pourcentage des germinations n'est pas sensiblement influencé pour des concentrations en acide borique de 5.10^{-12} à 5.10^{-4}, tandis qu'au contraire l'acide phénylborique, indifférent jusqu'à 10^{-5} pour Amarantus et 10^{-4} pour Chenopodium et Portulacca, devient nettement inhibiteur au-dessus de ces concentrations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur la précipitation de quelques esters phosphoriques avec une protéine des amandes.* Note de MM. **Jean Courtois** et **René Barré**, présentée par M. Maurice Javillier.

Mnich (¹) a montré que les protéines végétales fournissent avec l'acide inositohexaphosphorique une combinaison presque insoluble à pH 3,1 et totalement redissoute soit en milieu plus alcalin que pH 6,0, soit en milieu plus acide que pH 1,0. D'autres auteurs, dont Hellot et Machebœuf (²), ont observé que de telles combinaisons insolubles vers pH 3,0 à 4,0, se forment avec diverses protéines globulaires d'origine végétale ou animale. Nous nous sommes proposé de rechercher si ce caractère est spécifique de l'acide inositohexaphosphorique ou s'observe avec d'autres esters phosphoriques.

Nos essais ont été réalisés avec de la conamandine, fraction albuminique des protéines d'amande douce. Elle a été débarrassée de l'acide inositophosphorique associé en précipitant ce dernier sous forme de sel de calcium à pH 10,0; la conamandine est ensuite purifiée par dialyse à pH 7,0 puis précipitation vers son point isoélectrique à pH 5,0. La substance obtenue renferme 0,2 % de phosphore et par relargage se comporte comme une protéine homogène. A la solution de conamandine nous ajoutons le sel sodique du composé phosphoré étudié et de l'acide chlorhydrique N/10 en quantités variables; nous centrifugeons après 15 minutes, puis déterminons la teneur en azote total du liquide surnageant et la quantité de composé phosphoré fixé par le précipité.

Les résultats obtenus ont permis de classer les corps étudiés en deux principaux groupes (courbes I et II où nous avons rassemblé les résultats obtenus avec trois composés phosphorés à comportement typique).

1. Le premier groupe comprend les deux dérivés minéraux étudiés : les acides orthophosphorique et pyrophosphorique, et deux monoesters les acides β glycérophosphorique et phénylphosphorique. La conamandine qui, en l'absence de composés phosphorés, précipite de pH 5,5 à 4,4, est alors insolubilisée en présence de ces composés de pH 6,0 à pH 3,4 environ; le point isoélectrique est légèrement déplacé vers la zone de plus forte acidité. Le précipité formé ne retient qu'une assez faible proportion de composé phosphoré.

(¹) *Bull. Intern. Ac. Pol. Sc. et Let.*, 1926, p. 123.
(²) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **29**, 1947, p. 817.

A ce premier groupe, il est possible d'adjoindre l'acide phosphoglycolique et les acides saccharosemonophosphorique et fructosediphosphorique; la zone

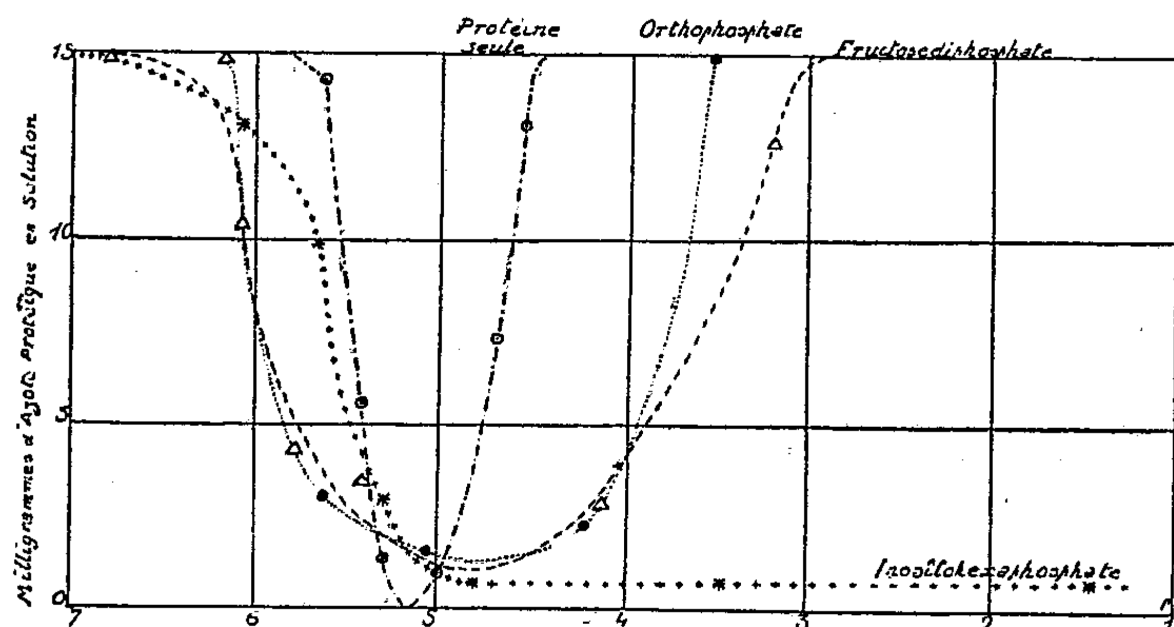


Fig. 1.

de pH où précipite la conamandine est un peu plus étalée que pour les composés précédents.

2. Le deuxième groupe comprend les acides benzylphosphorique, méthyl-2-dioxy-1.4 naphtalènediphosphorique (synkavit) ainsi que l'ester hexaphosphorique et un ester triphosphorique de l'inositol. Ces quatre corps se

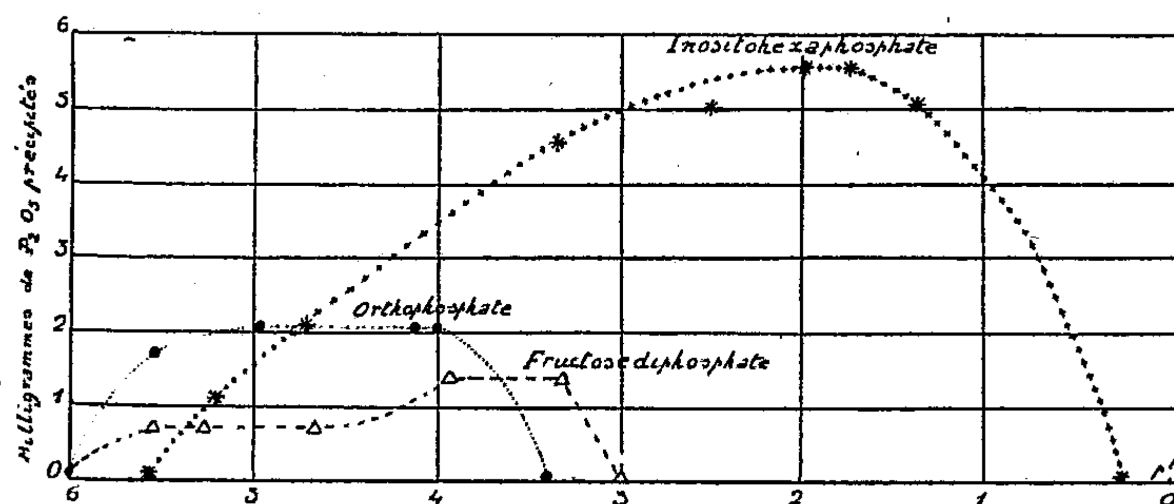


Fig. 2.

comportent d'une façon très voisine : précipitation de la conamandine débutant à partir de pH 6,0, devenant presque totale vers pH 4,8; les différences essentielles avec les composés du premier goupe résident dans les trois faits suivants :

a. Le précipité ne se redissout pas en milieu plus acide que pH 2,0.

b. Le rapport P/N dans le précipité ne varie sensiblement pas avec le pH pour lequel s'est effectuée la précipitation.

c. La teneur en phosphore du précipité est beaucoup plus élevée (jusqu'à 3 %).

Il résulte de ces essais que tous les composés phosphorés étudiés peuvent former des composés insolubles avec la protéine d'Amande étudiée. A l'excep-

tion de l'acide phénylphosphorique, ce sont les esters de dérivés cycliques porteurs d'hydroxyles qui fournissent les combinaisons à la fois les plus insolubles en milieu acide et les plus riches en phosphore.

Les comportements analogues des acides saccharosemonophosphorique et fructosediphosphorique dans le groupe I, de même que les comportements sensiblement identiques des esters tri- et hexaphosphoriques de l'inositol dans le groupe II, semblent indiquer qu'il n'existe pas de relation entre la précipitation de l'ester et le nombre de fonctions ester phosphorique fixées sur sa molécule.

Cette aptitude des composés phosphorés à s'unir aux protéines peut être rapprochée de la possibilité que manifestent, soit les acides nucléiques pour se combiner aux protéines, soit les co-enzymes phosphorés pour s'unir aux apo-enzymes holoprotéidiques.

HISTOLOGIE. — *Modifications histologiques de l'appareil vestibulaire sous l'influence de la streptomycine.* Note de M. **Raoul Caussé** et Mlle **Isabelle Gondet**, présentée par M. Justin Jolly.

L'utilisation thérapeutique intensive de la streptomycine, en particulier dans le traitement de la tuberculose, a montré que cet antibiotique possède une toxicité élective pour l'appareil vestibulaire. Pour élucider les différents problèmes posés par l'existence de cette toxicité, nous avons entrepris des recherches expérimentales et montré que la Souris est particulièrement sensible à la streptomycine (1). Sous l'influence de cette substance, à la dose quotidienne de 15 à 30^{mg}, les animaux prennent au bout d'une dizaine de jours le comportement des souris dites valseuses et cessent de réagir aux diverses épreuves vestibulaires.

Un des problèmes qu'il importait avant tout de résoudre était relatif au siège des lésions responsables de la perturbation fonctionnelle vestibulaire. Théoriquement on peut incriminer, soit l'organe sensoriel périphérique, soit le nerf, soit les noyaux vestibulaires centraux. Actuellement l'opinion générale des auteurs qui ont abordé expérimentalement cette question est que les lésions siègent dans le système nerveux central (2), (3), (4), (5), (6), (7). Cette

(1) R. Caussé, I. Gondet et B. Vallancien, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 747.

(2) C. W. Mushett and H. S. Martland, *Arch. Pathol.*, 42, 1946, p. 619.

(3) L. D. Stevenson, E. Alvord and J. W. Correll, *Proc. Soc., Exp. Biol. Med.*, 65, 1947, p. 86.

(4) A. Glorig and E. P. Fowler, *Ann. Otol.*, 56, 1947, p. 379.

(5) J. Winstow, F. H. Lewey, A. Parenteau, P. A. Marden and F. B. Cramer, *Ann. Otol.*, 57, 1948, p.738.

(6) L. Ruedi, W. Furrer, F. Escher und F. Luthy. La référence exacte de ce travail ne nous est pas connue au moment où nous rédigeons cette Note.

(7) L. E. Floberg, C. A. Hamberger and H. Hyden, *Acta Oto Laryng.*, 75,1948 p. 36.

opinion se fonde sur les constatations histologiques faites dans le système nerveux au moyen de diverses techniques, et d'autre part sur le fait que les auteurs qui ont examiné l'organe périphérique ne lui ont reconnu aucune anomalie (Ruedi, Glorig).

Nous avons étudié, suivant les techniques usuelles, après fixation par perfusion, le labyrinthe de trois souris présentant les signes indiscutables de l'intoxication vestibulaire par la streptomycine, totale pour deux d'entre elles, incomplète pour la troisième. Le sacrifice a lieu de 5 à 6 semaines après la fin des injections.

Cette étude nous a révélé des altérations très importantes : 1° disparition des cils des cellules sensorielles sur les trois crêtes ampullaires et sur les macules utriculaire et sacculaire. Cette disparition était moins complète chez la Souris dont les réactions vestibulaires n'étaient pas totalement supprimées au moment du sacrifice; 2° atrophie générale de l'épithélium des cinq terminaisons sensorielles vestibulaires se traduisant par une moindre hauteur de cet épithélium pouvant aller jusqu'à la moitié de celle d'un organe normal. De même les dimensions des crêtes et des macules sont sensiblement réduites, cet aspect étant particulièrement évident sur la macule sacculaire : sur les plus inférieures des coupes horizontales le saccule apparaît vide alors que normalement la macule descend jusqu'à la partie inférieure de celui-ci.

L'organe de Corti ne paraît pas intéressé par le processus, en particulier les cils des cellules sensorielles externes et internes sont présents. Les examens du système nerveux, actuellement en cours, ne nous permettent pas de dire s'il s'y trouve des modifications pathologiques électives.

Conclusions. — Les troubles de l'équilibration engendrés par la streptomycine chez la Souris sont la conséquence des altérations des cinq terminaisons sensorielles stato-cinétiques vestibulaires. Ces conclusions n'excluent pas la possibilité d'une atteinte simultanée du système nerveux. Au cas où celle-ci aurait une localisation élective, il faudrait se demander si elle ne devrait pas être interprétée comme une dégénération secondaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la vitamine* A *sur la* détoxication *du benzoate de sodium par l'organisme du Rat.* Note de MM. **Paul Meunier**, **Raymond Ferrando**, **Jacques Jouanneteau** et Mlle **Georgette Thomas**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait depuis longtemps que l'acide benzoïque et les benzoates alcalins introduits dans l'organisme des Mammifères en sont éliminés après conjugaison avec le glycocolle, sous forme d'acide hippurique. On sait moins bien d'où doit provenir le glycocolle utilisé dans ce phénomène de *détoxication*. Le glycocolle

alimentaire augmente certainement la tolérance à l'acide benzoïque ([1]). Cependant Griffith et Wendel ([2]) ont montré que l'addition à un régime normal de 1,5 % de benzoate de sodium détermine déjà chez le Rat une perte de poids importante, probablement due à la fonte tissulaire libérant la quantité de glycocolle requise par la masse de benzoate ingéré. En 1939, Rittenberg et Schœnheimer ([3]) ont confirmé, en administrant en même temps à des rats du glycocolle marqué par l'isotope ^{15}N et du benzoate de sodium, que l'acide hippurique excrété ne provenait que pour une part du glycocolle ingéré, les 2/3 de cet acide ne renfermant pas d'azote marqué. Remarquons que le régime donné dans les expériences précédentes ([2]) renfermait 2 % d'huile de foie de morue. Nous nous sommes demandé quelle pouvait être l'influence de la vitamine A dans le phénomène de détoxication du benzoate, pensant ainsi avoir l'occasion d'étudier le rôle de la vitamine A dans un des processus du métabolisme protéique, métabolisme auquel cette vitamine paraît bien prendre une part directe ([4]). C'est ainsi que nous avons soumis huit groupes de rats à un régime de base carencé en vitamine A, à partir duquel nous avons réalisé différentes combinaisons permettant de mettre en évidence l'effet sur la courbe de croissance et la survie, de la vitamine A, du benzoate, du glycocolle, soit séparément, soit ensemble.

La carence en vitamine A, comme il fallait s'y attendre, précipite singulièrement l'intoxication benzoïque quand celle-ci n'est pas neutralisée par un apport de glycocolle (voir les groupes 2 et 3). Par contre, les résultats des groupes 2 et 4 établissent nettement l'influence favorable du glycocolle exogène sur l'intoxication benzoïque du Rat carencé en vitamine A. Cette observation tendrait à prouver que, chez le Rat carencé en vitamine A, le glycocolle exogène, pourvu qu'il soit en quantité suffisante, annihile l'effet toxique du benzoate et même tout se passe comme si la carence en vitamine A se manifestait moins vite chez l'animal qui reçoit à la fois le poison et le contre-poison.

Quant aux résultats des groupes 5, 6, 7 et 8, ils illustrent, surtout pour le dernier, l'action favorable de la vitamine A dans l'intoxication benzoïque. C'est ainsi que 20$^{\gamma}$ par jour de vitamine A font disparaître toute perturbation de la courbe de poids due à l'intoxication. Le comportement du Rat, dans l'intoxication benzoïque, apparaît donc fondamentalement différent selon qu'il est carencé en vitamine A ou qu'il reçoit des doses relativement élevées de cette vitamine. Dans le premier cas, il semble demander à la fonte musculaire

---

([1]) W. H. GRIFFITH et H. B. LEWIS. *J. Biol. Chem.*, 57, 1923, p. 1.

([2]) *J. Biol. Chem.*, 82, 1929, p. 415.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 127, 1939, p. 329.

([4]) M. JAVILLIER et L. EMERIQUE, *C. R. du IVe Congrès des Industries agricoles*, Bruxelles 1935, t. II, p. 33 et M. JAVILLIER, in *Exposés de Biochimie médicale*, t. I, 1935, p. 106.

le glycocolle nécessaire; dans le second cas, il paraît capable de synthétiser les quantités requises de glycocolle sans que sa courbe de poids en soit affectée. Comme les réserves hépatiques, même après 20γ par jour, demeurent faibles, et que la carence en vitamine A est précipitée par l'intoxication benzoïque (groupe 3), on peut, à la suite de ces expériences, très raisonnablement envisager que la vitamine A est directement impliquée dans la synthèse du glycocolle par l'organisme.

Résultats des actions conjuguées ou séparées de la vitamine A, *du benzoate et du glycocolle sur la survie et la croissance du Rat carencé en vitamine* A.

Groupe n°	Nombre de rats.	Régime de base (*) additionné de :	Nombre moyen des jours de survie.	Gain de poids hebdomadaire moyen (g).	Réserve hépatique en vitamine A.
1 (témoin).	3	2γ,5 de vitamine A par jour	∞	4,60	–
2.........	4	Néant	78	1,87	Nulle
3.........	3	Benzoate Na 2%	30	0,16	»
4.........	5	Benzoate Na 2% + glycocolle 150mg par jour (**)	101	2,38	»
5.........	4	Benzoate Na 2% + vit. A 2γ,5 à 15γ par jour	55	1,73	Variable (de nulle à faible)
6.........	3	Benzoate Na 2% + vit. A 2γ,5 par jour + glycocolle 150mg (**)	∞	3,24	Moyenne
7.........	3	Benzoate Na 2% + vitamine A 10γ par jour	21	1,15	Nulle ou moyenne
8.........	4	Benzoate Na 2% + vitamine A 20γ par jour	∞	8,26	Faible

(*) Régime de base : caséine 150, sucre cristallisé 700, levure de bière pulvérisée 80, mélange salin 40, huile d'arachide privée de vitamine A 30.

(**) Cette quantité correspond à la masse de benzoate de sodium ingéré chaque jour par le Rat.

BIOCHIMIE DE L'HÉRÉDITÉ. — *Nouveaux résultats sur la teneur absolue en acide désoxyribonucléique du noyau cellulaire. Cas particulier des érythrocytes d'Oiseau.* Note de M. **Roger Vendrely** et Mme **Colette Vendrely** [1], transmise par M. André Boivin.

Les recherches d'Avery et collaborateurs, de Boivin, Vendrely et collaborateurs, sur le curieux phénomène des mutations dirigées chez les bactéries, ont

[1] Avec l'assistance technique de Mlle Knobloch.

conduit à penser que l'acide désoxyribonucléique, ou mieux « les » acides désoxyribonucléiques, jouent un rôle capital comme substratum des caractères héréditaires, comme constituants caractéristiques des gènes. Si cette hypothèse est exacte, à travers toute l'échelle des êtres vivants, des bactéries aux Vertébrés supérieurs, la teneur absolue en acide désoxyribonucléique des noyaux cellulaires d'une espèce animale, dans les différents organes et chez différents individus, doit être aussi immuable que l'équipement génétique qu'elle représente. D'autre part, après la réduction chromatique, cette teneur doit être diminuée de moitié dans les gamètes. C'est ce que nous avons pu vérifier chez l'espèce Bœuf (²), en isolant les noyaux du foie, du pancréas, du rein, du thymus d'une part, des spermatozoïdes, d'autre part, et en dosant l'acide désoxyribonucléique qu'ils contiennent (en associant à ce dosage une numération — au moyen d'une cellule compte-globules — des noyaux de la suspension obtenue, il est facile d'obtenir la teneur absolue d'un seul noyau).

Ces faits étant établis, nous avons étendu nos investigations à un certain nombre de Mammifères : Souris, Lapin, Cobaye, Porc, Chien, Cheval, Mouton, Homme et Bœuf. Les différents résultats obtenus chez ces Mammifères s'échelonnent entre 5,0 et $6,4 \times 10^{-6}\ \gamma$; ils sont par conséquent fort proches les uns des autres. On peut donc dire déjà que, dans le groupe si homogène des Mammifères, la teneur du noyau en acide désoxyribonucléique reste sensiblement la même dans les différentes espèces. Nous nous proposons d'exposer plus complétement ces résultats dans une publication ultérieure, la présente Note ayant essentiellement pour objet de résoudre un problème qui s'est posé lorsque nous avons abordé l'étude de Vertébrés autres que les Mammifères, en particulier les Oiseaux : il s'agit des cellules sanguines nucléées, qui restent présentes en grand nombre dans tous les organes de l'animal, même lorsqu'on prend la précaution de le saigner soigneusement. A partir d'un organe tel que le foie, on isole en effet, outre les noyaux du tissu hépatique, une proportion importante de noyaux d'érythrocytes. Il est permis de se demander si leur présence ne vient pas éventuellement fausser les résultats. Il s'agit en effet de noyaux appartenant à des cellules étroitement spécialisées, dont le cytoplasme est considérablement simplifié, cellules qui ne se diviseront plus. Ont-elles conservé le même équipement génétique et, conformément à notre hypothèse, la même teneur en acide désoxyribonucléique que les autres cellules somatiques, beaucoup plus complexes ?

Pour nous en assurer, nous avons expérimenté sur le Canard. Dans un premier temps, nos études ont porté sur les noyaux d'érythrocytes. A partir de sang recueilli dans un tube à centrifuger (100^{cm^3}) contenant un peu d'héparine, les hématies ont été séparées par centrifugation, lavées à

(²) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1061 ; *Experientia*, IV, 1948, p. 434.

plusieurs reprises au sérum physiologique hépariné, puis hémolysées au moyen de saponine. Nous avons obtenu de cette façon, très rapidement, une suspension très pure de noyaux d'érythrocytes et, sur cette suspension, nous avons effectué numération et dosages d'acide désoxyribonucléique, suivant les méthodes déjà décrites.

Par ailleurs, en utilisant également notre technique habituelle, nous avons préparé des suspensions de noyaux de foie des mêmes canards (suspensions qui contenaient des proportions importantes et variables, 10, 20, 30 % de noyaux d'érythrocytes suivant l'efficacité de la saignée).

Dans tous les cas, les teneurs obtenues en acide désoxyribonucléique, rapportées à un seul noyau, ont été sensiblement identiques, à savoir 2 à $2,3 \times 10^{-6}\gamma$, qu'il s'agisse de suspensions d'érythrocytes uniquement, ou qu'il s'agisse du mélange de noyaux, en proportions variables, obtenu à partir du foie.

En conclusion, il se confirme que chez cette espèce d'Oiseau, comme chez les nombreuses espèces de Mammifères que nous avons déjà étudiées, la teneur du noyau en acide désoxyribonucléique apparaît comme une constante. D'autre part, il faut souligner que les noyaux d'hématies ont la même valeur que les noyaux des autres organes et, par conséquent, qu'en dépit de l'extrême simplification de la cellule à laquelle ils appartiennent, essentiellement un sac cytoplasmique bourré d'hémoglobine, ils n'en contiennent pas moins l'équipement complet en gènes.

MICROBIOLOGIE. — *Transformations réciproques des formes* R *et* ER *chez le pneumocoque*. Note de Mlle **Harriett E. Taylor**, présentée par M. Robert Courrier.

J'ai décrit précédemment l'apparition sporadique, au sein d'une souche *rough* (R) de pneumocoque, de mutants à colonies *rough extrême* (ER) et j'ai montré que ces mutants pouvaient être reconvertis en R sous l'action d'un agent transformant isolé à partir des souches R (sans capsule) ou S (*smooth* encapsulée) ([1]). L'agent transformant en question présente les caractéristiques d'un acide désoxyribonucléique et est, par conséquent, analogue aux principes responsables des transformations de types sérologiques ([2]), ([3]).

([1]) H. Taylor, *Colloque sur « Les unités biologiques douées de continuité génétique »*, (*C.N.R.S.* Paris 1948).

([2]) O. T. Avery, C. M. Mac Leod et M. Mc Carty, *J. Exper. Med.*, 79, 1944, p. 137.

([3]) A. Boivin, A. Delaunay, R. Vendrely et Y. Lehoult, *Experientia*, 1, 1945, p. 334.

J'ai pu établir maintenant que la transformation réciproque, de R en ER, est également possible. L'expérience a été réalisée de la façon suivante : on prépare une culture fraîche de la souche R dans le milieu utilisé pour les expériences de transformation de R en S ([2]) qu'on place à 37°. Deux heures après l'inoculation on lui ajoute la fraction désoxyribonucléique de pneumocoques ER et, après une nouvelle incubation de trois heures, on l'étale sur milieu gélosé, en boîte Pétri. Parmi les colonies qui apparaissent sur ce milieu, 0,1 % environ sont du type ER. Puisque la forme ER ne possède pas d'avantage sélectif sur la forme R dont elle dérive, cette proportion doit être très proche de celle des bactéries effectivement transformées. On se rappellera que dans les transformations de ER en R, et de R en S, les formes nouvelles sont au contraire très avantagées : on obtient en conséquence des populations dans lesquelles la forme induite représente 80 pour 100 des effectifs totaux. Mais on sait que cette proportion est de loin supérieure à celle des bactéries effectivement transformées ([4]).

La possibilité de l'induction de transformations réciproques entre les bactéries R et ER réduit le nombre d'hypothèses possibles quant aux relations génétiques entre ces deux formes, et au mécanisme des transformations. On pouvait en effet penser, tant que seule la transformation de R en S était connue, que celle-ci était due à l'introduction de l'agent transformant S dans un « récepteur » laissé inoccupé à la suite de la mutation S→R. La possibilité de transformations réciproques est, de toute évidence, incompatible avec une telle interprétation. La mutation des pneumocoques R en ER comporte apparemment deux changements : *a*. la disparition de l'agent transformant R, apte à transformer la forme ER en R ([1]); *b*. l'apparition d'un nouvel agent, ER, capable d'effectuer la transformation inverse. L'interprétation la plus simple de ces faits est que l'agent R lui-même est muté en agent ER. Un corollaire de cette hypothèse est que les bactéries ER, quelque déficient que soit leur phénotype, possèdent le même nombre de déterminants génétiques que les bactéries R. Des transformations réciproques apparaissent donc comme des réactions d'échange entre un agent transformant présent dans le milieu et un agent homologue dans la bactérie. Une telle interprétation convient également à une autre transformation induite, précédemment décrite chez le pneumocoque ([4]).

([4]) M. Mc Carty, H. Taylor et O. T. Avery, *Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Biol.*, 11, 1946, p. 177.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les modifications apportées par la streptomycine à la structure d'une cellule bactérienne. Étude au microscope électronique.* Note de M. **Georges H. Werner**, présentée par M. Gaston Ramon.

Une Note de M. Machebœuf et de ses collaborateurs, récemment parue ici-même ([1]), attire notre attention sur des résultats, non encore publiés, obtenus par nous, au cours de recherches qui avaient pour but de suivre, au microscope électronique, l'action de divers agents sur la cellule bactérienne.

Nous avons, en particulier, examiné au microscope électronique l'effet de la streptomycine sur une suspension dans l'eau distillée neutre, de cellules lavées de *Bacillus subtilis* (souche *Caron*). Cette suspension est réalisée à partir du culot de centrifugation d'une culture en milieu synthétique liquide, au cours de la phase de croissance active. Le sulfate de streptomycine est ajouté à l'eau distillée neutre, avant la mise en suspension, à une concentration de o,5 mg/ml ou de de o,1 mg/ml (concentrations voisines de celles utilisées par les auteurs cités).

L'observation au microscope électronique est faite, à divers intervalles, au cours des trois premières heures qui suivent la mise en suspension. Nous avions constaté, en effet, qu'un séjour, un peu prolongé, simplement dans l'eau distillée pure, entraînait par lui-même des altérations morphologiques considérables et de types divers, risquant d'induire en erreur. Les préparations, obtenues par dépôt d'une goutte de la suspension sur un treillis collodionné et séchage rapide dans le vide, sont ombrées à l'or, selon la technique de Williams et Wyckoff ([2]).

Nous avons observé alors, que, dans ces conditions, l'action de la streptomycine était rapide et brutale. Après un court contact en présence de o,5 mg/ml d'antibiotique, le corps microbien n'a plus de contours définis; des particules assez volumineuses s'échappent de sa périphérie et le fond de la préparation apparaît couvert d'une substance amorphe s'étendant d'un bacille (ou de ce qui en reste) à l'autre. Dans le cas de doses plus faibles (o,1 mg/ml), l'action est plus lente : la paroi cellulaire présente, par endroits, des cavités régulières et un matériel granuleux est répandu dans le champ de la préparation. Le cytoplasme lui-même apparaît intact, bien que de volume réduit : ce n'est qu'après plusieurs heures de contact que la structure cellulaire est complètement détruite.

On conçoit que de pareilles modifications de la surface microbienne et la

---

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 720-722.
([2]) *J. Appl. Physics*, **17**, 1946, p. 23.

production d'une abondante substance intercellulaire puissent entraîner l'*agglutination* observée par M. Machebœuf et ses collaborateurs.

Si les bacilles, avant d'être mis en suspension dans la solution de streptomycine, sont *fixés* par agitation dans l'alcool absolu, puis lavés, on observe que les altérations morphologiques causées par l'antibiotique sont beaucoup moins brutales. Au-dessous de la paroi cellulaire, le cytoplasme prend un aspect crênelé, tandis que de volumineux débris structurés sont répandus dans le champ de la préparation. Mais, dans ces conditions, les bacilles gardent leur forme, même après un long séjour dans la solution d'antibiotique.

Les microphotographies illustrant ces observations seront publiées ultérieurement.

Il convient de noter que l'action de la streptomycine, à des concentrations identiques, s'exerçant sur le même bacille, mais, cette fois, au sein du milieu de culture dans lequel ce bacille se développe, est tout à fait *différente*. Nous l'avons décrite précédemment avec E. Kellenberger (3), (4) : elle se manifeste moins rapidement et se traduit par une turgescence élevée de certains bacilles ; dans d'autres bacilles, par une réduction extrême du volume du cytoplasme qui semble dès lors contracté à l'intérieur de l'enveloppe cellulaire ; enfin, dans de nombreux cas, par la sortie du cytoplasme (dont la forme et les contours restent parfaitement nets) hors de l'enveloppe.

M. Machebœuf et ses collaborateurs ont constaté que le phénomène d'agglutination ne se produisait également que dans le cas des suspensions bactériennes dans l'eau distillée. Compte tenu des modifications facilement observables que la suspension dans l'eau distillée inflige rapidement à l'équilibre d'une cellule bactérienne, cette *différence* n'en conduit pas moins à supposer qu'à côté de son activité antibactérienne propre, la streptomycine puisse, dans des conditions spéciales, avoir des effets qualifiables de purement cytochimiques.

La différence de comportement, à cet égard, entre les formes R et S, observée par M. Machebœuf et ses collaborateurs, confirme encore ici le fait déjà connu (5) de la plus grande stabilité des suspensions des bactéries possédant des antigènes somatiques.

---

(3) *Experientia*, IV, 1948, **11**, p. 440.

(4) *Bull. Ac. Suisse Sc. Méd.*, **4**, 1948, p. 263-274.

(5) J. A. Arkwright, *J. Path. and bact.*, **23**, 1920, p. 358-360.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les formes géantes (formes d'involution) que maintes bactéries peuvent donner sous l'effet d'actions nocives très diverses et sur leur signification.* Note de MM. **Robert Tulasne, Raymond Minck** et Mme **Andrée Minck** (1), transmise par M. André Boivin.

Dans des publications antérieures (2) nous avons indiqué (en donnant la bibliographie) les transformations spectaculaires que peuvent subir diverses bactéries sous l'action de la pénicilline. Depuis lors, nous avons observé des faits nouveaux dans le même domaine. Rappelons, par exemple, que le staphylocoque, extrêmement sensible à l'antibiotique, donne des formes 2 à 3 fois plus grosses que normalement, pourvues de 5 à 6 noyaux, mais qui évoluent très rapidement vers la lyse; que le bacille du charbon, bien moins sensible, montre un extraordinaire gonflement de certains de ses articles compris entre deux cloisons et que dans les boules qui s'organisent ainsi et peuvent atteindre 5, 10, 15$^{\mu}$ de diamètre, il est fréquent de rencontrer des formations nucléaires désoxyribonucléiques ayant des milliers et des milliers de fois le volume normal d'un noyau ordinaire; que le colibacille, encore moins sensible, forme des filaments non cloisonnés atteignant des centaines de μ, le long desquels s'alignent des centaines de noyaux; ici encore, il est fréquent d'assister à la formation de boules contenant des noyaux atypiques et géants; les *Salmonella*, les *Proteus* se comportent de même.

Beaucoup plus que le rappel de ces faits, nous visons à organiser l'ensemble de nos résultats en une synthèse explicative.

Notons tout d'abord que la pénicilline est loin d'avoir le monopole d'une pareille action. Les rayons X et aussi des réactifs chimiques fort divers (sels, urée, etc.) peuvent conduire à des résultats du même ordre, avec toutefois cette particularité que les effets obtenus se montrent extrêmement variables d'un réactif et d'une espèce bactérienne à l'autre. Dans tous les cas, il apparaît qu'on se trouve en présence d'un retard des divisions cytoplasmiques sur les divisions nucléaires, amenant une accumulation des noyaux et même une multiplication, sur place, de la matière nucléaire. Comment interpréter ces noyaux géants dont nous venons de parler?

On doit songer à l'analogie qu'offrent les chromosomes géants de *Drosophila*. Sans doute, dans les deux cas, chaque gène du noyau normal se trouve-t-il remplacé par une véritable colonie de gènes identiques. Un bien curieux phénomène a été décrit par Dienes (3), dont l'interprétation de la part de cet auteur a fait à l'époque quelque bruit. Si l'on vient à semer, sur une plaque de gélose,

(1) Avec l'assistance technique de Mme Leplingard et de Mlle Muller.

(2) Spécialement : *Arch. Sci. Physiol.*, **1**, 1947, p. 307.

(3) *Cold Spring Harbor Symp. quant. Biol.*, **11**, 1946, p. 51.

deux souches différentes de *Proteus*, il n'est pas rare, dans la région où s'affrontent les colonies, de voir apparaître des boules. Dienes pense être en présence d'une manifestation sexuelle. Pour notre part, nous n'avons jamais souscrit à cette interprétation et nous avons toujours pensé à l'entrée en jeu de quelque banal phénomène d'antibiose. Une preuve, par analogie, du bien-fondé de ce point de vue, vient d'être apportée par Welsch et ses collaborateurs ([4]). Ces auteurs ont montré que des formes géantes typiques apparaissent quand on fait agir une colicine sur un colibacille sensible à son action.

Ainsi se montre, en pleine lumière, l'extraordinaire plasticité morphologique et cytologique dont sont capables les bactéries. Mais les choses vont plus loin encore, comme l'un d'entre nous va le montrer dans une prochaine Note. Sous l'action de la pénicilline, un germe aussi banal que *Proteus* peut donner, non seulement des formes géantes, mais encore des formes naines, submicroscopiques et filtrantes. Ajoutons que le passage est possible, dans les deux sens, des formes naines aux formes bacillaires banales.

La séance est levée à 16h 10m.

R. C.

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1452.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 7 février 1949.)

Note présentée le 24 janvier 1949, de M. *Félix Bertaut*, Étude aux rayons X de la répartition des dimensions des cristallites dans une poudre cristalline :

Page 492, 33e ligne, *au lieu de* $\rho_\infty S$, *lire* $\rho_\infty s$.
» 493, 17e ligne, *au lieu de* l'on a peut, *lire* l'on peut.
» 494, légende de la figure, *au lieu de* $L = \mathcal{M}^2/\mathcal{M}$, *lire* $L = \overline{\mathcal{M}^2}/\overline{\mathcal{M}}$.

(*Comptes rendus* du 14 mars 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Maurice Dumas*, Interprétation de résultats de tirages exhaustifs :

Page 904, ligne 3 en remontant, au numérateur de $E[U_1]$, *au lieu de*

$$u(n_1+1) - n + n_1 - 1, \qquad \textit{lire} \qquad u(n_1+1) - n + 2n_1.$$

Note présentée le 7 mars 1949, de MM. *Jean Rosset* et *René Pâris*, Sur la variation des propriétés des acétates de cellulose au cours de leur désacétylation homogène par l'ammoniaque :

Page 922, 6e ligne, *au lieu de* 0,4 à 0,6 m^3/g, *lire* 0,4 à 0,6 m^2/g.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AVRIL 1949.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Cornelis G. G. J. van Steenis**, attaché au Jardin botanique de Buitenzorg, qui assiste à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 20 avril, au lieu du lundi 18.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le calcul classique de l'énergie et de la quantité de mouvement d'un électron* purement électromagnétique. Note de M. **Louis de Broglie**.

Dans un article récent (¹), M. Bernard Kwal, reprenant des calculs anciens de H. A. Lorentz et de Max Abraham, a montré que, pour un électron conçu à la façon classique comme une charge étendue, on obtient pour l'énergie et la quantité de mouvement des valeurs différentes suivant qu'on emploie pour les calculer les formules usuelles

$$(1)\qquad U_1=\int_V T_{14}\,dv,\qquad U_2=\int_V T_{24}\,dv,\qquad U_3=\int_V T_{34}\,dv,\qquad U_4=\int_V T_{44}\,dv$$

ou la formule tensorielle

$$(2)\qquad U_\mu=\int_C T_{\mu\nu}\,dv^\nu$$

dont nous préciserons plus loin le sens. Il en conclut que l'on doit se méfier de la formule

$$(3)\qquad dv = dv_0\sqrt{1-\beta^2}$$

(¹) *Journal de Physique*, série VIII, t. X, p. 103.

qui relie le volume propre dv_0 au volume dv mesuré par l'observateur pour lequel l'électron possède la vitesse βc.

Cette conclusion ne nous paraît pas acceptable car la formule (3) n'étant pas autre chose que l'expression de la contraction de Lorentz ne nous paraît pas contestable. C'est dans une autre direction, pensons-nous, que l'on doit chercher l'interprétation du résultat de M. Kwal.

Considérons une propagation d'énergie et d'impulsion électromagnétiques qui affecte une certaine région de l'espace-temps exempte de charge et qui est définie en chaque point de cette région par un tenseur impulsion-énergie de composantes $T_{\mu\nu}$. La région en question a la forme d'un hypertube à quatre dimensions limité latéralement par une ou plusieurs hyperparois à trois dimensions du genre temps, à travers lesquelles les flux d'énergie et d'impulsion électromagnétiques sont nuls. Coupons transversalement cet hypertube par deux hypercloisons C_1 et C_2 du genre espace et considérons les intégrales $\int T_{\mu\nu} dv^{\nu}$ étendues à chacune de ces hypercloisons. dv^{ν} désigne la composante ν du quadrivecteur représentant un élément d'hypercloison et est égal à la projection de cet élément sur un plan normal à l'axe x_{ν}. Les $T_{\mu\nu}$ étant finis dans le domaine quadrimensionnel D limité par C_1, C_2 et les hyperparois et les relations $(\partial T_{\mu\nu}/\partial x_{\nu}) = 0$ y étant satisfaites vu l'absence de charges, l'application au domaine D du théorème flux-divergence permet aisément d'établir la relation

$$\int_{C_1} T_{\mu\nu} dv^{\nu} = \int_{C_2} T_{\mu\nu} dv^{\nu}.$$

En effet, les intégrales $\int T_{\mu\nu} dv^{\nu}$ prises sur les hyperparois sont nulles parce que celles-ci ne sont traversées par aucun flux d'énergie ou de quantité de mouvement. La formule (4) permet de considérer l'intégrale $\int_{C} T_{\mu\nu} dv^{\nu}$ comme indépendante du choix de la cloison C du genre espace que l'on choisit pour couper transversalement l'hypertube : elle caractérise donc intrinsèquement cet hypertube.

Si donc on définit les U_{μ} à l'aide de la relation (2), chaque observateur galiléen pourra prendre comme cloison C une cloison dont les points sont pour lui *simultanés* et il pourra écrire les expressions (1) des U_{μ}, V étant le volume d'espace qui, pour lui, à l'instant t est intéressé par le phénomène électromagnétique considéré. Ainsi, en vertu du théorème exprimé par (4), on doit pouvoir employer indifféremment pour le calcul de l'énergie et de la quantité de mouvement les formules (1) ou les formules (2). C'est justement cette conclusion qui, d'après les calculs de M. Kwal, serait inexacte dans le cas qu'il envisage.

Pour examiner cette contradiction apparente, nous envisageons avec M. Kwal le cas d'un électron conçu à la façon classique dont la structure est supposée entièrement définie par des éléments électromagnétiques (charge et

champs) sans intervention d'aucun élément non électromagnétique tel que la pression de Poincaré. Comme le champ de l'électron s'étend à l'infini, nous devons ici considérer un hypertube de dimensions infinies qui est limité latéralement par une hyperparoi cylindrique rejetée à l'infini sur laquelle les intégrales envisagées sont nulles et par une hyperparoi P du genre temps limitant le tube d'Univers de l'électron. Ce tube d'Univers, très délié, représente le mouvement d'ensemble de la charge électrique étendue attribuée à l'électron. Comme cloisons C_1 et C_2, nous prendrons d'une part l'ensemble des points de l'espace-temps qui correspondent à une même valeur du temps propre de l'électron, d'autre part l'ensemble des points qui correspondent à une même valeur du temps de l'observateur pour lequel l'électron possède la vitesse d'ensemble βc. Les calculs de M. Kwal montrent alors que les formules (1) et (2) ne conduisent pas ici aux mêmes résultats et que par suite le théorème (4) est inexact. Si l'on regarde le détail des calculs ([2]), l'on voit que l'intégrale $\int_P T_{\mu\nu}\, dv^\nu$ n'est pas nulle, ce qui en effet ne permet plus de démontrer la formule (4).

Mais dire que l'intégrale $\int_P T_{\mu\nu}\, dv^\nu$ n'est pas nulle, c'est dire qu'il y a un flux non nul d'énergie et d'impulsion à travers P, ce qui paraît en contradiction avec la définition même de la paroi P. Que se passe-t-il donc? Simplement ceci : un électron *purement électromagnétique* étant instable, puisque ses différentes parties se repoussent sans qu'aucune force intervienne pour équilibrer cette répulsion, l'électron s'il existait à l'instant origine *exploserait* immédiatement; il n'y a donc ni tube d'Univers, ni vitesse d'ensemble de l'électron, ni système propre de celui-ci. Le calcul de Max Abraham repris par M. Kwal s'effondre donc puisque les notions introduites dans ce calcul sont inexistantes.

Il en est tout autrement si l'on introduit la pression de Poincaré qui rend l'électron stable : celui-ci possède alors un tube d'Univers, un système propre et une vitesse d'ensemble bien définis. En même temps l'introduction de la pression de Poincaré fait apparaître de nouveaux termes dans l'intégrale $\int_P T_{\mu\nu}\, dv^\nu$: ces termes compensent exactement ceux qui proviennent du champ électromagnétique, de sorte qu'au total cette fois l'intégrale est nulle. On retrouve alors le théorème (4), les formules (1) et (2) deviennent équivalentes et l'on obtient le résultat bien connu,

$$U_4 = \frac{U_0}{\sqrt{1-\beta^2}}, \qquad \vec{U} = \frac{U_0 \vec{v}}{c^2\sqrt{1-\beta^2}},$$

([2]) On trouvera par exemple ces calculs dans le livre de R. Becker, *Théorie des électrons*, trad. française, Paris, 1938, p. 388 et suivantes.

qui est en accord avec la variance du quadrivecteur énergie-impulsion et avec le principe de l'inertie de l'énergie : tout rentre donc dans l'ordre.

En résumé, le calcul de M. Kwal prouve non pas l'inexactitude de la formule (3), mais le caractère contradictoire du calcul, souvent fait depuis Max Abraham, pour évaluer l'énergie et la quantité de mouvement d'un électron *purement électromagnétique*. Ce calcul manque de base puisque les notions qui y sont employées (vitesse, tube d'univers et système propre de l'électron) n'ont pas de réalité pour un électron instable.

CORRESPONDANCE.

Mme **Maurice Jean** adresse des remercîments pour la distinction accordée, à titre posthume, aux travaux de son mari.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie biologique. XXXII. *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France*, par Paul Fournier. Tome III (présenté par M. Chevalier).

2° Mme E. Delanoë. *Trente années d'activité médicale et sociale au Maroc* (présenté par M. Caullery).

3° Union géodésique et géophysique internationale. *Huitième Assemblée générale réunie à Oslo*, 19-28 *août* 1948.

4° *Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences*. Sciences mathématiques et naturelles. Tome I, n° 1, janvier-mars 1948.

5° Académie des Sciences de l'U. R. S. S. *Principes d'évolution végétale*, par Boris Alexandrovitch Keller. — *L'Académicien K. M. Baer et l'Académie de médecine chirurgicale*, par Eugène Nikanorovitch Pavlovski. — *Expédition épidémio-parasitologique en Iran et recherches parasitologiques* (en langue russe).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation fondamentale relative aux groupes finis de substitutions linéaires*. Note (*) de M. **Georges Pic**, présentée par M. Paul Montel.

Nous nous proposons d'établir une équation fondamentale relative à une large catégorie de groupes finis G de substitutions linéaires S :

$$z'_i = \frac{a_{i1}z_1 + a_{i2}z_2 + \ldots + a_{in}}{a_{n1}z_1 + a_{n2}z_2 + \ldots + a_{nn}} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1), \tag{1}$$

(*) Séance du 14 mars 1949.

dont les coefficients sont des nombres complexes. Une telle équation a été établie par F. Klein pour les groupes binaires ([1]) et par C. Jordan pour une partie des groupes ternaires finis. L'équation établie de même par Jordan pour les groupes quaternaires n'est pas, d'après Wiman ([2]), propre à une discussion.

Un point P est dit point double d'une substitution S si l'on a

$$P = S(P).$$

Ces points sont donnés par l'équation caractéristique

$$(2) \qquad \begin{vmatrix} a_{11}-\lambda & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22}-\lambda & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn}-\lambda \end{vmatrix} = 0$$

de la substitution (1).

Pour que le groupe $\mathcal{G}$ soit fini, il est nécessaire que cette équation ait ses racines distinctes et de même module ou, dans le cas contraire, qu'une racine λ multiple d'ordre k annule tous les mineurs d'ordre $n-k+1$ du déterminant (2). Dans ce dernier cas, les points doubles de la substitution (1) peuvent être k points quelconques, linéairement indépendants, d'une variété d'indétermination à $k-1$ dimensions.

Les points doubles P et Q sont dits équivalents s'il existe dans le groupe $\mathcal{G}$ une substitution linéaire T telle que l'on ait :

$$Q = T(P).$$

On peut ainsi distribuer tous les points doubles du groupe en classes de points doubles équivalents.

En transformant la substitution S par une substitution T, on obtient une autre substitution S'. Les points doubles de S et de S' sont équivalents.

Remarquons que si deux substitutions du groupe fini $\mathcal{G}$ ont $n-1$ points doubles communs, elles ont aussi en commun le $n^{\text{ième}}$ point double. Elles peuvent avoir moins de $n-1$ points doubles communs.

On montre que toutes les substitutions du groupe $\mathcal{G}$ qui ont un point double commun forment un sous-groupe $\mathcal{G}'$, homomorphe du groupe $\mathcal{H}$ de substitutions linéaires de $n-2$ variables. L'ordre du sous-groupe de $\mathcal{G}'$ formé par les éléments qui correspondent à l'élément unité E de $\mathcal{H}$ est un diviseur de $n-1$.

([1]) Pour la bibliographie *voir* par exemple Van der Waerden, *Gruppen linearer Substitutionen*, § 9.

([2]) *Endliche Gruppen linearer Substitutionen* (*Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften*, t. 1, B, fasc. 3).

Comme conséquence des résultats donnés, on peut déduire le nombre de points doubles équivalents à un point P.

Il y a trois cas à distinguer :

a. P est point double d'un sous-groupe cyclique sans que d'autres substitutions qui n'appartiennent pas au même sous-groupe aient P comme point double.

b. P est point double de toutes les substitutions d'un sous-groupe homomorphe à un groupe de substitutions de $n-2$ variables y compris les substitutions dont la variété d'indétermination passe par le point P.

c. P est point double d'un sous-groupe abélien dont les éléments peuvent être considérés comme ayant les mêmes points doubles ([3]).

En laissant de côté le dernier cas, on établit que, ν étant l'ordre du sous-groupe, dont les éléments ont P comme point double et N l'ordre du groupe considéré, le nombre des points doubles équivalents à P, y compris P, est $N/\mu\nu$, où μ est un diviseur de $n-1$. Par suite, il y a $N(\nu-1)/\mu\nu$ substitutions qui ont comme point double, soit P, soit un point équivalent à P.

En comptant de deux manières différentes le nombre des points doubles de toutes les substitutions du groupe à l'exception de la substitution unité, on trouve l'équation

$$\sum \frac{N}{\mu_i \nu_i}(\nu_i - 1) = n(N-1),$$

où la sommation est relative aux classes de points doubles équivalents.

Pour $n=2$, on obtient l'équation fondamentale établie par Klein pour les groupes de substitutions binaires.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un problème de type généralisé.*

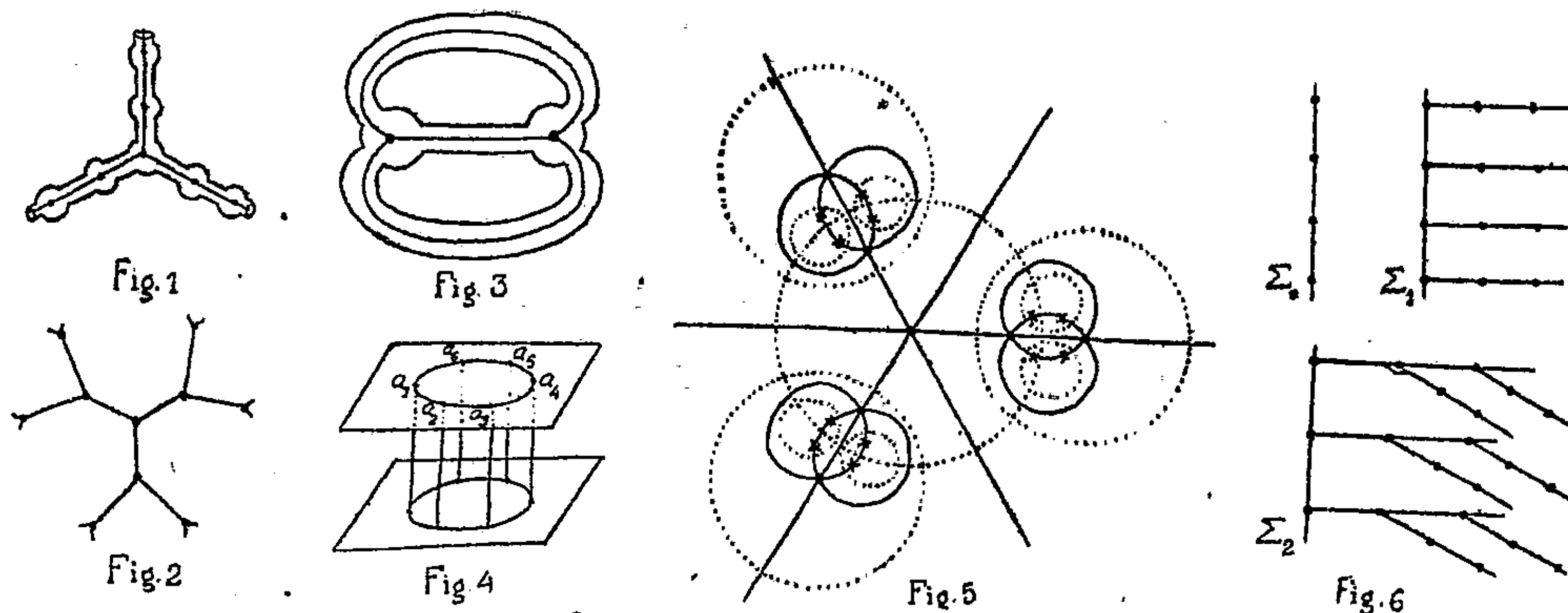
Note (*) de M. **Le Van Thiem**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La classification de Nevanlinna des surfaces de Riemann ouvertes de genre et d'ordre de connexion quelconques en surfaces de frontière positive et surfaces de frontière nulle est une des générations les plus importantes du problème de type, devenue aujourd'hui classique. Si la surface est de genre fini, elle peut être incluse dans une surface fermée, de sorte que l'on peut parler de la capacité de sa frontière et l'on démontre alors que si la surface est de frontière positive, il existe sur elle une fonction harmonique bornée non constante.

([3]) Nous avons montré dans une Note intitulée *Sur les groupes de substitutions linéaires qui laissent n points inchangés* (*Acta Bolyaiana*, 1, p. 82), que les groupes de substitutions linéaires $\mathcal{G}$ ont deux espèces de sous-groupes abéliens : l'une, des groupes abéliens qui peuvent être considérés comme ayant les mêmes points doubles, et l'autre, des substitutions ayant des points doubles distincts.

(*) Séance du 28 mars 1949.

Ceci étant, nous considérons [1] les surfaces dont le modèle spacial se compose de sphères multiplement connexes congruentes, liées les unes aux autres par des cylindres d'égale section droite (*fig.* 1). Une telle surface peut être schématisée par un réseau spacial dont les nœuds représentent les sphères, et les segments les cylindres. Nous disons qu'un nœud est ramifié s'il y a plus



de deux segments qui en partent, autrement il est dit non ramifié. Nous exigeons en plus que la longueur l des cylindres soit bornée par deux nombres fixes. Nous classifions les nœuds en générations à partir d'un nœud central (génération 0) et désignons par $\mu(n)$ les nœuds *libres* des n premières générations [1]. Il résulte d'un critère de M. Nevanlinna [1] que la surface est de frontière nulle si la série $\Sigma 1/\mu(n)$ diverge. Nous nous proposons de déterminer le type généralisé dans quelque cas où cette série converge.

1° Il s'agit de surfaces S dont le modèle spacial correspond au réseau de la (*fig.* 2). Ici $\mu(n) = 3.2^{n-1}$ et $\Sigma 1/\mu(n)$ converge. Pour déterminer le type nous commençons par réduire tous les cylindres à la même longueur 1 par une dilation (ou contraction) de la forme : $x_0 = x$, $y_0 = y/l$.

Comme on a $m < l < M$, cette transformation est quasi conforme, un cercle infinitésimal devient une ellipse infinitésimale dont le rapport des axes est borné : $D < (1/m) + M$. Toutes les surfaces considérées sont donc applicables quasi conformément sur la surface particulière S_0 pour laquelle $l = 1$. Elles sont par suite toutes de frontière nulle ou de frontière positive en même temps que S_0, d'après un théorème de M. Pfluger [2] généralisant l'invariance du type classique par rapport aux transformations quasi conformes.

Dans le modèle spacial de la surface S_0, si nous coupons par leur milieu les trois cylindres qui partent d'un même nœud, nous isolerons une partie ouverte que nous appelons une étoile de la surface. S_0 se compose d'étoiles identiques et peut par suite être interprétée comme surface de recouvrement de Schottky

---

(1) R. NEVANLINNA, *Xe Congrès Math. Scand.*, Copenhague, 1946, p. 225-240.

(2) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 25-26.

d'une surface fermée de genre 2 obtenue en soudant deux tellés étoiles par leurs bords libres (*fig.* 3) : elle est de frontière positive d'après une étude de M. Myrberg (³) sur les ensembles singuliers des groupes linéaires.

Donc toutes les surfaces S *considérées sont de frontière positive* (*fig* 2).

Remarques. — *a.* Au lieu de sphères congruentes et de cylindres de longueur bornée, nous aurions pu parler de sphères conformément équivalentes et de cylindres de module borné, la forme géométrique n'ayant aucune importance.

b. Au lieu du modèle spacial, nous pouvions aussi considérer des surfaces de recouvrement du plan pointé en un nombre fini de points. Nous pouvons alors représenter la surface par un réseau de Speiser-Nevanlinna. Ainsi la figure 5, en trait plein, représente le réseau de la surface de recouvrement de Schottky d'une surface algébrique de genre 2 (*fig.* 4) :

$$w^2=(z-a_1)(z-a_2)(z-a_3)(z-a_4)(z-a_5)(z-a_6).$$

Ici le réseau est régulier, tous les nœuds sont ramifiés de la même manière. Nous pouvons, en utilisant la surface de pliage (⁴) comme dans le cas classique, montrer qu'on ne modifie pas le type généralisé en insérant entre les nœuds ramifiés des suites de nœuds non ramifiés, dont le nombre est uniformément borné : la surface reste ici de frontière positive.

2° En second lieu, nous considérons la famille des surfaces $\sum_\nu$ ($\nu=0,1,2,\ldots$) définies de la façon suivante : le réseau de $\sum_0$ est formé d'une suite infinie (non limitée dans les deux sens) de nœuds non ramifiés. Le réseau de $\sum_\nu$ s'obtient à partir de celui de $\sum_{\nu-1}$, en attachant à chaque nœud non ramifié de $\sum_{\nu-1}$ une suite infinie de nœuds non ramifiés (*fig.* 6). Pour $\sum_\nu$ on a : $\mu(n)\cong n^\nu/\nu!$, et la série de Nevanlinna diverge pour $\nu=0,1$ mais converge pour $\nu\geqq 2$.

Nous voulons démontrer que toutes les surfaces $\sum_\nu$ *sont de frontière nulle.* En effet une surface $\sum_\nu$ est conformément équivalente à une surface $\sum_{\nu-1}$ dont on a ôté un point à chaque sphère-nœud non ramifiée. Si donc il existe sur $\sum_\nu$ de genre nul, une fonction harmonique bornée non constante, elle serait prolongeable en ces points frontières isolés, et devient une fonction bornée sur $\sum_{1-\nu}$, qui serait par suite aussi de frontière positive. De proche en proche on arriverait à la conclusion que $\sum_0$ et $\sum_1$ sont de frontière positive. Ce qui est absurde, puisque pour celles-ci la série de Nevanlinna diverge. C. Q. F. D.

(³) *Ann. Acad. Sc. Fenn.*, S. A 10, 1941, p. 10.
(⁴) LE VAN THIEM, *Comm. Math. Helv.*, 20, 1947, p. 270-287.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE. — *La géométrie axiomatique de l'espace projectif.* Note de M. **Karl Menger**, présentée par M. Élie Cartan.

Le fait le plus marquant de la géométrie projective est le principe de dualité dû à Poncelet et Gergonne. Pourtant, la théorie axiomatique classique n'est pas conforme à ce principe fondamental. Fréquemment on y prend *point* comme une notion primitive, tandis qu'on définit *plan*, notamment, comme un ensemble des points satisfaisant à certaines conditions. On y admet comme postulats les propositions suivantes : *Chaque droite est incidente avec au moins trois points* et *Il existe quatre points qui ne sont pas incidents avec un plan,* tandis qu'on démontre comme théorèmes les propositions duales, c'est-à-dire, *Chaque droite est incidente avec au moins quatre plans* et *Il existe quatre plans qui ne sont pas incidents avec un point.* Évidemment on pourrait ajouter au fondement chaque proposition qui est duale à un postulat, mais il est clair que des pléonasmes en résulteraient.

Nous avions formulé précédemment une base auto-duale de la géométrie projective en prenant *figure, joindre* et *couper* comme les seules notions primitives et en fondant la théorie sur une algèbre de ces deux opérations (1). Nous avions désigné les figures par A, B, ..., la jonction de A et B par $A+B$, et la coupure de A et B par $A.B$. Nous avons défini $A \subset B$ (A est partie de B) par $A+B=B$ et $A.B=A$. Cette relation binaire correspond à la relation classique d'incidence.

Puis nous avions fait revivre la définition d'Euclide : « Le point, c'est ce qui n'a pas de parties autres que lui-même et le vide » et lui avons opposé la définition duale « L'hyperplan, c'est ce qui n'est une partie que de lui-même et de l'univers ».

L'aspect principal de cette Algèbre de Géométrie (appelée par divers auteurs : Théorie des Structures, Lattice Theory, Theorie der Verbande) est la synthèse qu'elle achève, des géométries des espaces projectifs de dimensions différentes et même des espaces non projectifs. De plus on pourrait donc développer des théories spéciales pour les cas les plus importants, comme pour le plan et l'espace à trois dimensions.

La théorie que nous allons esquisser se rapproche de la théorie classique lorsque nous prenons *point, plan, droite* et *incidence* comme notions primitives, l'incidence étant une relation binaire symétrique. Dix postulats indépendants et satisfaisant le principe de dualité en sont la base.

I. Si une droite est incidente avec un point et un plan, le point et le plan sont incidents.

---

(1) *Jahresbericht d. D. Math. Ver.*, 37, 1928, p. 317; *Annals of Math.*, 37, 1936, p. 456; *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 308.

II. Si deux points distincts sont incidents avec une droite et un plan, la droite et le plan sont incidents.

III. Si deux plans distincts sont incidents avec une droite et un point, la droite et le point sont incidents.

IV. Si P et Q sont deux points distincts, il existe une droite qui est incidente avec P et Q.

V. Si p et q sont deux plans distincts, il existe une droite qui est incidente avec p et q.

VI. Si un point P n'est pas incident avec une droite d, il existe un plan qui est incident avec P et d.

VII. Si un plan p n'est pas incident avec une droite d, il existe un point qui est incident avec p et d.

VIII. Il n'existe pas deux points, deux plans et deux droites tels que les droites soient incidentes avec les points et les plans, et que ceux-ci soient incidents.

Par une *opposition* nous entendrons une paire formée d'un point et d'un plan qui ne sont pas incidents. Nous appellerons un triplet d'oppositions *non collinéaire* si ni les trois points, ni les trois plans sont collinéaires. Par le *centre* de trois oppositions non collinéaires nous entendrons le point commun aux trois plans, par leur *champ* le plan commun aux trois points. Un triplet d'oppositions sera appelé *déséquilibré* si (1) le triplet est non collinéaire; (2) le centre et le champ existent; (3) le centre et le champ ne sont pas incidents. D'ailleurs, en vertu des postulats I-VII, la condition (2) est toujours satisfaite. Le triplet d'oppositions (P, p), (Q, q), (R, r) sera appelé équilibré si les conditions suivantes sont satisfaites : (1) le centre C et le champ c existent; (2) les quatre points P, Q, R, C et les quatre plans p, q, r, c sont en position générale, c'est-à-dire, ni trois points, ni trois plans sont collinéaires; (3) le centre et le champ sont incidents. Alors tous nos postulats d'existence peuvent être formulés de la manière suivante :

IX. Il existe un triplet d'oppositions déséquilibré.

X. Il existe un triplet d'oppositions équilibré.

On démontre la validité des dix propositions énoncées pour tous les espaces classiques, en particulier, pour le système de 15 points, 15 plans et 35 lignes constituant l'espace minimum dû à Fano. D'autre part, des figures satisfaisant nos postulats forment un espace projectif au sens classique dans lequel chaque ligne est incidente avec au moins trois points. D'ailleurs, la loi de Desargues peut être démontrée. Dix exemples prouvent l'indépendance de nos dix axiomes.

D'une façon analogue, la géométrie du plan projectif peut être basée sur les notions de *point*, *droite* et *incidence* et cinq postulats indépendants et satisfaisant le principe de dualité (²).

(²) *Reports of a Math. Colloquium*, 2ᵉ sér., 8, 1948, p. 81.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le problème général aux limites pour les fonctions continues spatio-temporelles et les équations intégrales de l'hydrodynamique.* Note (*) de M. **Antonio Gião**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons une fonction ou un ensemble de fonctions spatio-temporelles $V^m(x_1, x_2, x_3, t)$ bien définies dans un domaine spatial $D(t)$ limité par une ou plusieurs surfaces $S(t)$. Le problème général aux limites pour les fonctions $V^m(m=1, 2, \ldots, p)$ est le problème de la détermination des valeurs des V^m pour $t > t_0$ en chaque point de $D(t)$ en fonction des valeurs initiales $V^m(x_1, x_2, x_3, t_0)$ dans $D(t_0)$ et des valeurs aux limites des V^m et de certaines de leurs dérivées sur les $S(t)$ pour $t \geqq t_0$. Si les V^m possèdent des dérivées premières et secondes, on peut écrire évidemment le système

$$\frac{\partial V^m}{\partial t} - K\Delta V^m = A^m(x_1, x_2, x_3, t), \tag{1}$$

K étant une constante arbitraire et Δ le laplacien tridimensionnel. Posons $V^m_{,i} \equiv \partial V^m/\partial x^i$. Si les V^m ont aussi des dérivées du troisième ordre, on déduit de (1)

$$\frac{\partial V^m_{,i}}{\partial t} - K\Delta V^m_{,i} = \frac{\partial A^m}{\partial x^i}. \tag{2}$$

Soit r la distance de deux points $M(x_1, x_2, x_3)$ et $P(x^0_1, x^0_2, x^0_3)$ de D et considérons la fonction

$$\Phi(r, t, \tau) = \frac{1}{\sqrt{t-\tau}} e^{-\frac{r^2}{4K(t-\tau)}}$$

qui satisfait, comme on sait, à l'équation $(\partial/\partial\tau + K\,\partial^2/\partial r^2)\Phi = 0$. Formons la fonction

$$\Psi = \frac{1}{r}\int_{r'}^{r} \Phi\, dr, \tag{3}$$

r' étant une constante indépendante de r. Cette fonction satisfait à l'équation $\Delta(\partial\Psi/\partial\tau + K\Delta\Psi) = 0$ et l'on peut former avec elle le tenseur et le vecteur d'Oseen

$$\overline{W}^k_i = -(\Delta\overline{\Psi})\delta^k_i + \frac{\partial^2\Psi}{\partial x^i\,\partial x_k}; \qquad \overline{B}^k = \frac{\partial}{\partial x_k}\left(\frac{\partial\overline{\Psi}}{\partial\tau} + K\,\Delta\overline{\Psi}\right) \tag{4}$$

satisfaisant à $\Delta\overline{B}^k = 0$ et aux équations adjointes de (2)

$$\frac{\partial\overline{W}^k_i}{\partial\tau} + K\,\Delta\overline{W}^k_i = \frac{\partial\overline{B}^k}{\partial x^i}; \qquad \overline{W}^i_{k,i} = 0. \tag{5}$$

Désignons par W^k_i ce que devient $\overline{W}^k_i$ quand $r' \to 0$ dans (3). Soit V_n la composante normale de la vitesse de déplacement d'un élément des $S(t)$.

(*) Séance du 4 avril 1949.

Désignons enfin par $\partial/\partial n$ une dérivation en un point des $S(t)$ suivant les normales intérieures (n_k). Supposons que les $V^m_{,i}$ ont des dérivées continues dans $D(t)$. Un calcul basé sur la formule de Green et généralisant l'analyse d'Oseen pour les fluides incompressibles en mouvement lent et à viscosité constante ([1]) permet alors de déduire de (1) et (5) les équations intégrales correspondantes sous la forme suivante ([2]):

$$(6)\quad \frac{8\pi}{3}\sqrt{\pi K}\,V^m_{,i}(P, t) = \int_{D(t_0)} (W^k_i)(t, \tau = t_0)\,(V^m_{,k})(M, t_0)\,d\omega$$
$$- \int_{t_0}^{t} d\tau \int_{S(\tau)} \left[K\left(W^k_{,i}\frac{\partial V^m_{,k}}{\partial n} - V^m_{,k}\frac{\partial W^k_i}{\partial n} \right) + W^k_i (n_k A^m + V^m_{,k} V_n) \right] ds$$
$$+ \sqrt{\pi K}\int_{S(t)} V^m \frac{\partial}{\partial n}\left[\frac{x_i - x_i^0}{r^3} \right] ds.$$

Désignons par χ la courbure moyenne des $S(t)$ et par Δ_2 le laplacien bidimensionnel relatif aux $S(t)$. Comme les valeurs aux limites des A^m sont données par

$$A^m = \frac{\partial V^m}{\partial t} - K\left(\Delta_2 + \frac{\partial^2}{\partial n^2} + 2\chi\frac{\partial}{\partial n} \right) V^m, \qquad \text{sur } S(t),$$

on voit que les (6) expriment les $V^m_{,i}$ en un point $P(x_i^0)$ quelconque du domaine $D(t)$ pour tout instant $t > t_0$ en fonction des conditions initiales et des valeurs aux limites des V^m, $\partial V^m/\partial t$, $\partial V^m/\partial n$ et $\partial^2 V^m/\partial n^2$. Les équations (6) sont donc la solution du problème aux limites pour les fonctions spatio-temporelles qui satisfont aux conditions de régularité indiquées.

Soient P la pression dans un fluide, ρ la densité, $\vec{V}$ la vitesse des particules (de composantes V^m, $m = 1, 2, 3$), $\vec{F}$ la force de frottement par unité de masse, $\vec{g}$ la force extérieure et $\vec{\Omega}$ la vitesse angulaire de rotation du référentiel. Les équations générales de l'hydrodynamique ont la forme (1), le vecteur $\vec{A}$ (de composantes A^m) ayant ici la définition physique suivante

$$\vec{A} = -\frac{1}{\rho}\nabla P + \vec{g} - 2\vec{\Omega}\times\vec{V} - \vec{V}.\nabla\vec{V} + \vec{F} - K\Delta\vec{V},$$

∇ étant l'opérateur gradient. Si donc la vitesse dans le milieu fluide satisfait à des conditions de régularité convenables, les équations (6) sont les équations intégrales de l'hydrodynamique pour des mouvements quelconques et quelles que soient la compressibilité et la viscosité du fluide. Nous pensons que ces équations sont susceptibles de très nombreuses applications. On peut en particulier les appliquer à la théorie des perturbations pour exprimer l'évolution de la perturbation en fonction des seules conditions initiales.

([1]) *Cf.* H. Villat, *Leçons sur l'Hydrodynamique*, Chap. XII.

([2]) Le détail du calcul paraîtra ailleurs.

ASTROPHYSIQUE. — *Le problème de l'absorption neutre dans l'espace interstellaire.* Note de M. **Jean Dufay**, présentée par M. André Danjon.

1. Pour rechercher si une absorption neutre, produite par de grosses particules, s'ajoute à l'absorption dite *sélective*, au voisinage du plan galactique, on a souvent comparé les valeurs de l'absorption photographique totale et de l'absorption différentielle relatives à un même parcours dans la Voie Lactée. Mais la solution correcte exige en outre la connaissance des coefficients d'absorption en valeur absolue, alors que les mesures spectrophotométriques ne les déterminent qu'à une constante près. Par une méthode différente, et admettant que l'absorption *sélective* est proportionnelle au nombre d'ondes n, Greenstein et Henyey (1) ont trouvé cependant que l'absorption neutre devait être fort petite.

2. Whitford (2) a publié récemment une courbe d'absorption $f(n)$ qui prolonge jusqu'à $2{,}1\,\mu$ ($n = 0{,}48\,\mu^{-1}$) celle de Stebbins et Whitford (3). Elle est tracée en prenant arbitrairement $f(0{,}97\,\mu^{-1}) = 0$ et $f(2{,}37\,\mu^{-1}) = 1{,}0$ magnitude. Cette différence correspond à peu près à la valeur moyenne de l'absorption pour un parcours de 1 kiloparsec. Dans l'infrarouge, l'absorption varie si peu qu'on extrapole facilement la courbe jusqu'à $n = 0$. On trouve $f(0) = -0{,}17$ magn., avec une incertitude qui ne paraît pas dépasser $\pm 0{,}02$ magn. Si l'absorption s'annule en même temps que n, les coefficients d'absorption valent donc

$$k(n) = f(n) + 0{,}17 \text{ magn/kpc}.$$

Formons maintenant le rapport $R = A(n)/[A(n') - A(n'')]$ entre l'absorption totale relative au nombre d'ondes n et l'absorption différentielle correspondant aux nombres d'ondes n' et n''. Pour un nuage absorbant déterminé, $A(n)$ est proportionnel à $k(n)$ et l'on peut écrire

$$R = \frac{f(n) + a}{f(n') - f(n'')},$$

en désignant par a une constante que la relation précédente permet de déterminer. On lit $f(n)$, $f(n')$ et $f(n'')$ sur la courbe de Whitford et chaque mesure de R fournit une valeur de a. On ne pourra conclure à l'existence d'une absorption neutre que si l'on trouve $a > +0{,}17$ magn.

3. Les meilleures déterminations de R sont sans doute celles qui résultent des travaux de Schalén et de Wernberg (4) sur les nuages absorbants du Taureau, du Cocher et de Céphée. Les mesures, faites sur des spectrogrammes

(1) *Astroph. Journ.*, 93, 1941, p. 327.
(2) *Ibid.*, 107, 1948, p. 102.
(3) *Ibid.*, 98, 1943, p. 20.
(4) *Upsala Astronomiska Observatoriums Annaler*, 1, n° 4, 1941, p. 104.

aux longueurs d'onde $0^{\mu},395$ et $0^{\mu},440$ ne laissent aucune incertitude sur les nombres d'ondes. On dispose de six rapports concernant des nuages dont l'absorption photographique est supérieure à $0,5$ magn. Leur moyenne brute donne $a = +0,19$ magn. et si l'on donne à chaque valeur de R un poids proportionnel à l'absorption totale, on obtient $a = +0,18$ ou $a = +0,16$ magn., suivant que l'on conserve ou non une mesure de Wernberg qui semble moins sûre.

J'ai rassemblé encore 12 autres déterminations de R, de poids moindre, dues à divers auteurs et faites par des méthodes très différentes. Quatre d'entre elles, franchement aberrantes, peuvent être éliminées (2 donnent pour a des valeurs fortement négatives, 2 autres relatives au Cygne des valeurs voisines de 2 magn.). Les 8 mesures restantes conduisent à des nombres compris entre 0 et $+0,38$ magn. La moyenne brute est $a = +0,14$ magn., la moyenne pondérée $a = +0,16$ magn.

On peut enfin comparer l'absorption photographique totale subie par la lumière traversant la Voie lactée d'un pôle à l'autre à l'absorption différentielle correspondante. Oort ([5]) a tiré des dénombrements de nébuleuses extragalactiques de Hubble l'absorption totale $+0,62$ magn., tandis que j'ai obtenu, avec Smoukovich ([6]) $+0,54$ magn., à partir des comptes d'étoiles de Seares. On prendra donc $A(0,44\mu) = +0,58$ magn. D'autre part, l'absorption différentielle $A(0,434\mu) - A(0,467\mu) = +0,047$ magn. a été évaluée par Stebbins et Whitford ([7]) au moyen des excès de couleur des amas globulaires. On tire de là $a = +0,18$ magn.

4. L'accord presque inespéré des nombres précédents montre que, sauf peut-être dans quelques régions particulières d'étendue limitée, *il n'y a pas place pour une absorption neutre au voisinage du plan galactique. Les grosses particules et les électrons libres, qui diffusent également toutes les radiations, ne sont donc pas assez nombreux dans l'espace pour jouer un rôle appréciable.*

Ce fait acquis, on évalue facilement l'absorption photographique (ou visuelle) totale à partir de l'absorption différentielle, généralement bien mieux connue. Les coefficients d'absorption différentielle moyens de l'échelle internationale $k(0,44\mu) - k(0,55\mu) = 0,30$ magn/kpc et de l'échelle de Stebbins $k(0,417\mu) - k(0,471\mu) = 0,15$ magn/kpc donnent ainsi respectivement $k(0,44\mu) = 1,25$ et $1,18$ magn/kpc, en bon accord avec la valeur $1,1$ magn/kpc, que Van Rhijn ([8]) a tirée des recherches de Joy sur les Céphéïdes.

([5]) *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 8, 1938, p. 233.
([6]) *Comptes rendus*, 207, 1939, p. 1204.
([7]) *Contributions from the Mount-Wilson Observatory*, 23, n° 547, 1936, p. 253.
([8]) *Publications of the Kapteyn Astronomical Laboratory at Groningen*, n° 47, 1936, p. 1.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le dipôle magnétique dans une atmosphère stratifiée de symétrie sphérique.* Note (*) de M. **G. Eckart**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soit une atmosphère dont la constante diélectrique ait la forme $\alpha + (\beta/r)$ dans un système de coordonnées sphériques (r, ϑ, φ). Au point $(r = r', \vartheta = 0)$ se trouve un dipôle magnétique, qui produit un champ électrique ayant une composante E_φ, et un champ magnétique ayant pour composantes H_r, H_ϑ. L'équation d'ondes pour Π (vecteur de Fitzgerald) contient au lieu de k^2 (cas du milieu homogène) le facteur $[a + (b/r)]$ où

$$a = \omega^2 \mu_0 \mu \varepsilon_0 \alpha, \qquad \mu_0 = 4\pi\mu\, 10^{-7}\left[\frac{\text{henry}}{m}\right], \qquad b = \omega^2 \mu_0 \mu \varepsilon_0 \beta, \qquad \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi 9.10^9}\left[\frac{\text{farad}}{m}\right].$$

Cette équation est l'équation de Schrödinger du problème képlerien de la Mécanique ondulatoire. Le rayonnement du dipôle se présente donc comme une fonction de Green ([1]), exprimée d'ordinaire en coordonnées paraboliques. Notre problème radioélectrique exige des coordonnées sphériques. Notre solution s'écrit dès lors

$$\text{(1)} \qquad \Pi = G(Q, P) = \sum_l \frac{u_l(Q)\, u_l^*(P)}{k^2 - k_l^2} + \int \frac{\sum_{l=0}^{\infty} \psi_l(\tau, Q)\, \psi_l^*(\tau, P)}{k^2 - \tau^2}\, d\tau,$$

$u_l(Q)$ fonctions propres normalisées du spectre discontinu à l'émetteur; $u_l(P)$ ces fonctions au récepteur; $\psi(\tau, Q)$, $\psi(\tau, P)$ = fonctions propres du spectre continu. On a ([2]) $\rho = 2r\sqrt{-a}$, $0 > a$ = valeur propre

$$u_l(r, \vartheta) = \frac{b^3}{n^3}\, \frac{(n-l-1)!}{2n[(n+l)!]^3}\, \frac{(2l+1)}{4\pi}\, e^{-\frac{\rho}{2}} \rho^l L_{n+l}^{(2l+1)}(\rho)\, P_l(\cos\vartheta),$$

où

$$L_{n+l}^{(2l+1)}(\rho) = \frac{d^{2l+1}}{d\rho^{2l+1}}\left(e^{\rho} \frac{d^{n+l}}{d\rho^{n+l}}(\rho^{n+l} e^{-\rho})\right) \quad \text{(fonction de Laguerre)}$$

(pour chaque n ($n = 0, 1, 2, \ldots$), l va de zéro jusqu'à $n-1$, les valeurs propres sont dégénérées). De même pour le spectre continu ($\rho = 2ir\sqrt{\tau}$, $\tau > 0$, $n = b/2i\sqrt{\tau}$, $k^2 = a$)

$$\text{(2)} \qquad \psi_l(\tau, \rho, \vartheta) = -\frac{2k^2}{4\pi^2}(2l+1)e^{\pi|n|}\frac{\Gamma(n+l+1)\Gamma(-n+l+1)}{\Gamma(2l+2)}(-i\rho)^l \times e^{-\frac{\rho}{2}}\, {}_1F_1(-n+l+1, 2l+2, \rho)\, P_l(\cos\vartheta).$$

(*) Séance du 4 avril 1949.

([1]) Meixner, *Math. Zeits.*, 1931, p. 677.

([2]) Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, t. II.

En portant dans (1) nous avons la solution. Le chemin d'intégration dans le plan τ va de $\tau = 0$ à $\tau = \infty$ en évitant le pôle $\tau = a$ par une petite demi-circonférence dans le demi-plan inférieur. Décomposons la fonction $\psi_l(\tau, \rho')$ $(\rho' = 2i\sqrt{\tau}r')$ en deux parties

$$\psi_l(\tau, \rho') = \frac{1}{2} Q_{l1}(\tau, \rho') + Q_{l2}(\tau, \rho') P_l(\cos\vartheta),$$

où Q_{l2} correspond à une onde divergente, Q_{l1} à une onde convergente, et faisons passer le chemin d'intégration pour Q_{l2} près de l'axe imaginaire positif, le chemin pour Q_{l1} près de l'axe imaginaire négatif, on démontre (*voir* Meixner pour le cas des coordonnées paraboliques) que le résidu du pôle mentionné subsiste, les autres parties de l'intégrale étant compensées par le spectre discontinu; on a alors

$$(3) \qquad \Pi = -\frac{i\sqrt{a}}{4\pi} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) e^{\pi|n|} |\Gamma(n+l-1)|^2 Q_{l^2}(\rho') \psi_l(\rho).$$

Compte tenu de la relation (2)

$$(4) \quad \psi_l(\tau, \rho', \vartheta) = -\frac{2\tau}{4\pi^2}(2l+1) e^{\pi|n|} \frac{|\Gamma(n+l+1)|^2}{\Gamma(2l+2)} \frac{(-i)^l}{\rho'} M_{n, l+\frac{1}{2}}(\rho') P_l(\cos\vartheta),$$

ainsi que des équations vérifiées par les fonctions de Whittaker ([2]), nous voyons que, dans le cas du milieu homogène ($b = 0$), la solution se réduit à $(k = |\sqrt{a}|)$

$$-\frac{e^{ikR}}{4\pi R} = -\frac{ik}{4} \sum_{l=0}^{\infty} \frac{(2l+1)}{2} \frac{J_{l+\frac{1}{2}}(kr)}{\sqrt{kr}} \frac{H^{(1)}_{l+\frac{1}{2}}(kr')}{\sqrt{kr'}} P_l(\cos\vartheta), \qquad r < r',$$

de même pour $r > r'$. Or c'est un développement connu de la fonction de Green dans un milieu homogène.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Relations d'indétermination et fluides quantiques* ([1]). *La méthode de l'espace de configuration en théorie cinétique quantique.* Note (*) de M. **Daniel Massignon**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. En Hydrodynamique, on représente l'état d'un fluide à l'aide de quelques paramètres locaux mesurables, densité $n(\mathbf{R})$, vitesse du fluide $\mathbf{v}(\mathbf{R})$, température $T(\mathbf{R})$ et forces extérieures $-\partial\Phi/\partial\mathbf{R}$; l'évolution du fluide est décrite au cours du temps par les équations hydrodynamiques qu'ils vérifient. Du point

---

([2]) Buchholz, *Zeitschr. f. augew. Math. und Mechanik*, 1943.

(*) Séance du 4 avril 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 62.

de vue cinétique, au contraire, le fluide est un système mécanique de N particules, supposées ici semblables, dont les positions $\mathbf{x}_l$ et les impulsions $\mathbf{p}_l$ évoluent selon les équations de la mécanique. Les paramètres n, $\mathbf{v}$, T et les grandeurs physiques qui en dépendent sont alors considérés comme les valeurs moyennes de certaines densités $D(\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{p}_N; \mathbf{R})$.

La présente Note et la suivante vont définir ces *densités de valeur moyenne* et montrer comment elles peuvent servir à former les *équations hydrodynamiques*.

2. En mécanique classique, l'évolution du fluide est décrite par les équations canoniques vérifiées par les $\mathbf{x}_l$, $\mathbf{p}_l$,

$$(1)\qquad \frac{dF}{dt}+[H, F]=0, \qquad \text{où} \qquad H=\sum \frac{1}{2m}\mathbf{p}_l^2+\sum\sum\left(\Phi(\mathbf{x}_l)+\frac{1}{2}\Phi_{l_m}\right)$$

est l'hamiltonien du système et [,] le crochet de Poisson. Si l'on définit les densités de masse $\rho(\mathbf{R})$, d'impulsion $\mathbf{G}(\mathbf{R})$ et d'énergie cinétique $K(\mathbf{R})$ par

$$(2)\quad \rho(\mathbf{R})=m\Sigma\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R}), \qquad \mathbf{G}(\mathbf{R})=\Sigma\mathbf{p}_l\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R}), \qquad K(\mathbf{R})=\frac{1}{2m}\Sigma\mathbf{p}_l^2\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R}),$$

où δ est la fonction de Dirac, ces densitées $D(\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{p}_N; \mathbf{R})$ vérifient au cours du temps des *équations microscopiques* (²) *de transport* du type (1).

Mais l'observation du fluide n'atteint que les valeurs moyennes

$$(3)\qquad \overline{D}(\mathbf{R})=\frac{1}{N!}\int f_N(\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{p}_N)\,D(\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{p}_N; \mathbf{R})\,d\mathbf{x}_1, \ldots, d\mathbf{p}_N,$$

où f_N, densité de probabilité dans l'espace des phases, est symétrique par rapport aux N particules (³). On définira les paramètres locaux par

$$(4)\qquad n(\mathbf{R})=\frac{\overline{\rho}(\mathbf{R})}{m}, \qquad \mathbf{v}(\mathbf{R})=\frac{\overline{\mathbf{G}}(\mathbf{R})}{mn(\mathbf{R})}, \qquad \frac{3}{2}kT(\mathbf{R})=\frac{\overline{K}(\mathbf{R})}{n(\mathbf{R})}-\frac{m\mathbf{v}^2(\mathbf{R})}{2},$$

où $k=$ const. de Boltzmann. Le moyen le plus simple de former les équations hydrodynamiques est alors d'écrire l'équation (1) successivement pour ρ, $\mathbf{G}$ et K et de prendre la valeur moyenne de leurs premiers membres.

On peut aussi obtenir ces équations en faisant dépendre f_N du temps de façon explicite, par l'équation de Liouville $(df_N/dt)\equiv(\partial f_N/\partial t)-[H, f_N]=0$; on multiplie alors (df_N/dt) par les densités (2) et l'on intègre sur les phases. Ce second procédé est équivalent à celui de Born et Green (⁴). Le premier a

(²) L'ensemble des équations (1) en ρ et $\mathbf{G}$ est équivalent au système des équations canoniques : leur description du fluide est donc *microscopique*.

(³) La fonction f_N représente l'*état* du système et dépend de la *précision* de la mesure. Elle peut avoir un caractère macroscopique, comme $f_N=\exp.\{-H/kT\}$ de Gibbs (équilibre) ou $f_N=(\mathbf{x}, \mathbf{p}; n, \mathbf{v}, T, -\partial\Phi/\partial\mathbf{R})$ (mouvement normal), ou bien microscopique comme $f_N=\delta(\mathbf{x}_1-\mathbf{R}_1)\ldots\delta(\mathbf{p}_N-\mathbf{P}_N)$ (observation exacte des particules).

(⁴) *Proc. Roy. Soc.*, A, **190**, 1947, p. 455 (classique); **191**, 1947, p. 168 (quantique).

l'avantage de faire entrer les problèmes de fluctuations dans le cadre formel de la théorie, et de faciliter le passage au domaine quantique.

3. Pour former cette théorie quantique, on peut recourir à diverses analogies :

a. On peut encore se servir des deux méthodes classiques précédentes, à condition de représenter l'état du fluide par la fonction de Wigner [5],

$$f_N = \frac{1}{(h)^{3N}} \int e^{i\Sigma \mathbf{p}_l \frac{\mathbf{s}_l}{\hbar}} \rho_N\left(\mathbf{x}_1 - \frac{\mathbf{s}_1}{2}, \ldots; \mathbf{x}_1 + \frac{\mathbf{s}_1}{2}, \ldots\right) d\mathbf{s}_1, \ldots, d\mathbf{s}_N, \tag{5}$$

où $\rho_N(\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{x}'_1, \ldots)$ est la représentation coordonnée de l'opérateur statistique $\mathfrak{R}$, opérateur défini-positif et normé à N!; les densités (2) (ou f_N) vérifient à présent les équations du type Wigner qui généralisent (1) (ou l'équation de Liouville).

b. Il est plus naturel de partir des équations canoniques

$$\frac{dF}{dt} - \frac{i}{\hbar}[H, F] = 0, \tag{6}$$

où [,] est à présent le crochet quantique. On forme les nouvelles densités de valeur moyenne en remplaçant p_l par $-i\hbar\, \partial/\partial x_l$ dans (2) et en symétrisant les opérateurs ainsi obtenus pour les rendre hermitiens. L'expression quantique de la valeur moyenne

$$\bar{D}(\mathbf{R}) = \frac{\text{Trace}\left(\mathfrak{R}.D(\mathbf{R})\right)}{N!} \tag{7}$$

donne alors immédiatement les paramètres locaux. On forme les équations hydrodynamiques en prenant la trace des premiers membres des équations (6) vérifiées par chacune des densités. Si l'état du fluide peut être représenté par une onde $\psi_N(\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{x}_N)$, le mélange $\mathfrak{R}$ devient un cas pur, et devient (7) $N!\,\bar{D}(\mathbf{R}) =$ produit scalaire $< \psi_N, D\psi_N >$, l'équation en ρ est alors celle dont Landau (6) et London (6) se sont servis dans leurs théories de l'hélium II.

On peut encore obtenir ces équations en faisant dépendre l'opérateur $\mathfrak{R}$ du temps : on multiplie alors le premier membre de $(\partial\mathfrak{R}/\partial t) + i[H, \mathfrak{R}]/\hbar = 0$ par les densités, et l'on prend la trace de ce produit. Ce dernier procédé est équivalent à celui de Born et Green (4), dont il abrège les calculs.

(5) E. Wigner (*Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 749), a montré que l'on pouvait se servir de la moyenne classique (3) avec f_N (5) pour calculer les valeurs moyennes quantiques des grandeurs de la forme $D = F(x) + G(p)$. On peut montrer que ce résultat reste valable lorsque $D = \big(F(x) + G(p)\big)\,\delta(x - R)\,\delta(p - P)$.

(6) L. D. Landau, *J. Phys. U.S.S.R.*, 5, 1941, p. 71; F. London, *Rev. Mod. Phys.*, 17, 1945, p. 310.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *L'opérateur de l'énergie d'interaction électromagnétique de particules chargées.* Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Par une transformation canonique $\Phi_U = e^{(i/\hbar)Wt}\Phi$, l'équation d'onde de l'état Φ_U d'un système de particules chargées obéissant au principe d'exclusion peut s'écrire [1] sous la forme $i\hbar(\partial/\partial t)\Phi_U = \mathfrak{U}\Phi_U$ avec

$$(1)\qquad \mathfrak{U} = \frac{1}{2}\sum(\underline{n}_1\,\underline{n}_2\,|\,U\,|\,\underline{m}_1\,\underline{m}_2)\,\overline{a^*_{\underline{n}_1}a^*_{\underline{n}_2}a_{\underline{m}_2}a_{\underline{m}_1}},$$

$$(\underline{n}_1\,\underline{n}_2\,|\,U\,|\,\underline{m}_1\,\underline{m}_2) = (\underline{n}_1\,\underline{n}_2\,|\,V\,|\,\underline{m}_1\,\underline{m}_2)\,e^{-\frac{i}{\hbar}(E_{\underline{m}_1}+E_{\underline{m}_2}-E_{\underline{n}_1}-E_{\underline{n}_2})t}$$

Les coefficients $u_{\bar{n}_1\ldots\bar{n}_i}$ de Φ_U sont liés aux coefficients de Φ par les relations

$$u_{\bar{n}_1\ldots\bar{n}_i} = e^{\frac{i}{\hbar}\sum_{\underline{n}}|E_{\underline{n}}|t}\,c_{\bar{n}_1\ldots\bar{n}_i}.$$

Les éléments de matrice d'interaction différents de zéro de Møller [2], formés avec les fonctions d'onde des particules libres, sont sous la forme symétrisée, avec $\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = -\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2} = \vec{k}$, et avec les notations

$$\rho_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = e\psi^*_{\underline{n}_i}\psi_{\underline{m}_i},\qquad \vec{s}_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = -ec\psi^*_{\underline{n}_i}\vec{\alpha}\psi_{\underline{m}_i},\qquad k_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = \left|\vec{k}_{\underline{n}_i\underline{m}_i}\right| = \frac{\left|\vec{p}_{\underline{m}_i}-\vec{p}_{\underline{n}_i}\right|}{\hbar c},$$

$$\nu_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = \frac{E_{\underline{m}_i}-E_{\underline{n}_i}}{\hbar},$$

$$(2)\qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1\,\underline{n}_2\,|\,U\,|\,\underline{m}_1\,\underline{m}_2) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{k^2_{\underline{n}_1\underline{m}_1}-\nu^2_{\underline{n}_1\underline{m}_1}}+\frac{1}{k^2_{\underline{n}_2\underline{m}_2}-\nu^2_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}\right)\left(\left\{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2}+s^{\text{long}}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{long}}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right\}\right.$$
$$\left.+\left\{s^{\text{tr}_1}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{tr}_1}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}+s^{\text{tr}_2}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{tr}_2}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right\}\right).$$

Ω est le volume de normalisation, et le signe + des termes de courant correspond à une direction inverse des axes choisis pour $\vec{k}$ et $-\vec{k}$. L'expression (2) est, à part des notations, un invariant relativiste, et la variance relativiste des éléments de matrice d'énergie s'exprime dans le facteur Ω.

L'expression (2), déduite par Møller par la méthode de correspondance, fournit avec (1) une description approximative de l'interaction électromagnétique des particules d'une façon relativiste. Les deux termes entre crochets dans (2) correspondent à la partie longitudinale et transversale de l'énergie d'interaction électromagnétique. Les éléments de matrice de la première,

---

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) Pour les notations, voir une Note précédente, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1205.

(2) *Z. f. Physik*, **70**, 1931, p. 786; *Ann. d. Physik*, 5e série, **14**, 1932, p. 531; L. Rosenfeld, *Z. f. Physik*, **73**, 1931, p. 253.

l'énergie coulombienne, sont connus exactement. Pour arriver à une expression des éléments de matrice de l'énergie d'interaction électromagnétique totale dans la représentation choisie, on doit compléter les éléments de matrice de l'énergie coulombienne par un terme ne dépendant que des courants transversaux, de façon que la somme présente la variance relativiste correcte.

En utilisant les équations de continuité

$$\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = k_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{long}}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}, \qquad \nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} = k_{\underline{n}_2\underline{m}_2}s^{\text{long}}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}$$

résultant de l'équation de Dirac, on a pour les éléments de matrice de l'énergie coulombienne pour $\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = -\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2} = \vec{k}$, avec $-\left(\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\cdot\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right) = k^2$,

$$(3a)\qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1\underline{n}_2\,|\,\mathrm{U}^{\text{long}}\,|\,\underline{m}_1\underline{m}_2) = \frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{k^2} = \frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + s^{\text{long}}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{long}}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - \left(\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\cdot\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right)}.$$

Le dénominateur est un invariant relativiste, et l'on voit immédiatement que l'expression cherchée pour l'élément de matrice de l'énergie transversale est

$$(3b)\qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1\underline{n}_2\,|\,\mathrm{U}^{\text{tr}}\,|\,\underline{m}_1\underline{m}_2) = \frac{s^{\text{tr}_1}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{tr}_1}_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + s^{\text{tr}_2}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{tr}_2}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - \left(\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\cdot\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right)}.$$

L'expression $\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - \left(\vec{s}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\cdot\vec{s}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right)$ est le seul invariant relativiste formé des deux quadri-courants, qui possède la propriété d'être dans un système de référence donné, pour $\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = -\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}$ la somme de $\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + s^{\text{long}}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{long}}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}$ et d'un terme ne dépendant que des composantes transversales des courants.

Les éléments de matrice $(\underline{n}_1\underline{n}_2\,|\,\mathrm{U}^{\text{long}} + \mathrm{U}^{\text{tr}}\,|\,\underline{m}_1\underline{m}_2)$ formés de (3a) et (3b) sont pour $\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = -\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2}$ identiques aux éléments de matrice (2) de Møller. Mais les éléments des deux matrices avec $\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1} \neq -\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2}$, c'est-à-dire les éléments de matrice dépendant du temps, sont différents, et l'opérateur (1) formé avec $(\underline{n}_1\underline{n}_2\,|\,\mathrm{U}^{\text{long}} + \mathrm{U}^{\text{tr}}\,|\,\underline{m}_1\underline{m}_2)$ de (3a), (3b) fournit l'opérateur de l'énergie d'interaction électromagnétique des particules comme généralisation naturelle de l'opérateur formé avec les éléments de matrice de Møller.

PHOTOPHORÈSE. — *Action d'un faisceau lumineux intense sur des particules métalliques tombant dans l'air à différentes pressions.* Note (*) de M. **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente [1], j'ai montré que l'attraction et la répulsion produites par un faisceau lumineux intense sur des particules de fer dans l'air

(*) Séance du 28 mars 1949.

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1216.

à la pression atmosphérique ont pratiquement disparu pour des pressions suffisamment basses égales ou inférieures à 10^{-2} mm de mercure.

Avec le même dispositif, j'ai étudié ici les mêmes phénomènes pour des poudres séchées, à l'étuve, des métaux suivants : nickel, cobalt, molybdène, bismuth, tungstène. Ces poudres sont formées de grains de formes variées dont les dimensions varient depuis une fraction de micron jusqu'à plusieurs microns.

D'une façon générale, pour toutes ces poudres mises en suspension dans l'air, à la pression atmosphérique, on constate l'existence de particules attirées et de particules repoussées par un faisceau lumineux intense. Ces phénomènes d'attraction et de répulsion disparaissent si l'on diminue l'intensité du faisceau. Ils existent aussi et sont extrêmement nets pour des pressions de l'ordre du centimètre de mercure; là encore, ils disparaissent si l'on diminue l'intensité du faisceau. Mais ils s'atténuent pour des pressions suffisamment basses, variables avec chaque métal; ils ont déjà disparu pour des vides de 10^{-2} mm de mercure. Pour chaque métal, comme on va le voir, on a travaillé à deux pressions p_1 et $p_2 (p_1 > p_2)$ voisines l'une de l'autre, et possédant les propriétés suivantes : à la pression p_1, la photophorèse existe; à la pression p_2 et aux pressions inférieures, elle a pratiquement disparu; les vitesses verticales des particules pour la pression p_1 et pour les pressions inférieures ou égales à p_2 sont du même ordre de grandeur. Ainsi la disparition des phénomènes de photophorèse à basse pression ne peut pas être attribuée à une augmentation de la vitesse des particules lorsque la pression s'abaisse. De plus, pour chaque métal, on a vérifié que la vitesse verticale des particules est la même en lumière intense et en lumière faible; on en conclut que l'action possible combinée du champ magnétique terrestre et du faisceau intense sur les particules (magnétophotophorèse) est négligeable ici.

Voici le détail des expériences :

1° *Nickel.* — Pour une pression de 1^{mm} de mercure et lorsque le faisceau est au ras de la réserve à particules, on aperçoit deux gerbes très nettes, une, formée de grosses particules repoussées, l'autre, de fines particules attirées. Ces deux gerbes subsistent encore très nettement lorsque le faisceau est à 3^{mm} au-dessous de la réserve; et de plus, la vitesse de chute des particules est la même que lorsque la pression est 10^{-1} mm de mercure et le faisceau au ras de la réserve. Or, à cette pression et aux pression plus basses, on ne constate plus ni attraction, ni répulsion par la lumière; autrement dit les phénomènes ne sont pas modifiés lorsqu'on met un verre absorbant sur le faisceau.

2° *Cobalt.* — Pour une pression de 2^{mm} de mercure, lorsque le faisceau est au ras de la réserve, on voit deux gerbes : l'une de particules attirées, l'autre de particules repoussées. Ces deux gerbes subsistent encore, si l'on abaisse le faisceau à 3^{mm} au-dessous de la réserve et l'on constate que la vitesse de chute de la majorité des particules est à peu près la même dans ces conditions que lorsque

la pression est de 10^{-1} mm de mercure, et le faisceau au ras de la réserve ([2]). Or, à cette pression et aux pressions plus basses, on ne constate ni attraction ni répulsion cessant lorsqu'on met le verre absorbant sur le faisceau.

3° *Bismuth.* — Pour des pressions de l'ordre du millimètre de mercure, on voit des particules attirées et d'autres repoussées. A la pression de 5.10^{-3} mm de mercure, on n'observe plus ni attraction, ni répulsion; un verre absorbant placé sur le faisceau ne modifie pas les trajectoires des particules. A cette pression, la vitesse des particules au ras de la réserve est pratiquement la même qu'à 1^{mm} de mercure.

4° *Molybdène.* — A la pression de 1^{mm} de mercure, il y a des particules repoussées et quelques-unes attirées. Ces phénomènes d'attraction et de répulsion subsistent quand on place le faisceau à 3^{mm} au-dessous de la réserve. Mais dans ces conditions, les vitesses de chute sont à peu près les mêmes que dans un vide de l'ordre de 10^{-4} mm de mercure, pour lequel l'attraction et la répulsion n'existent plus.

5° *Tungstène.* — A une pression de 2^{mm} de mercure et au ras de la réserve, on voit l'attraction et la répulsion. A 10^{-1} mm de mercure et pour des pressions plus basses, il n'y a plus ni attraction, ni répulsion; un verre absorbant placé sur le faisceau ne modifie pas les trajectoires des particules. A la pression de 10^{-1} mm de mercure la vitesse au ras de la réserve est à peu près la même que lorsque la pression est de 2^{mm} de mercure.

Les poudres de ces cinq métaux présentent, dans leur chute, les pointillés apparents et les hélices déjà signalés pour la poudre de fer.

RAYONS COSMIQUES. — *La pénétration des gerbes cascades et les photons.* Note (*) de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

I. Cocconi, V. T. Cocconi et Greisen ([1]) viennent de leur côté d'étudier avec une grande précision l'absorption des trajectoires de grandes gerbes. Leurs résultats sont en accord avec les nôtres ([2]) bien que la proportion des particules *restantes* au-dessous d'un absorbant dépende de la géométrie des expériences.

([2]) Mises à part quelques rares particules, probablement de grosses dimensions, qui, à la pression de 2^{mm} de mercure, tombent plus lentement qu'à 10^{-1}mm de mercure, même en lumière faible.

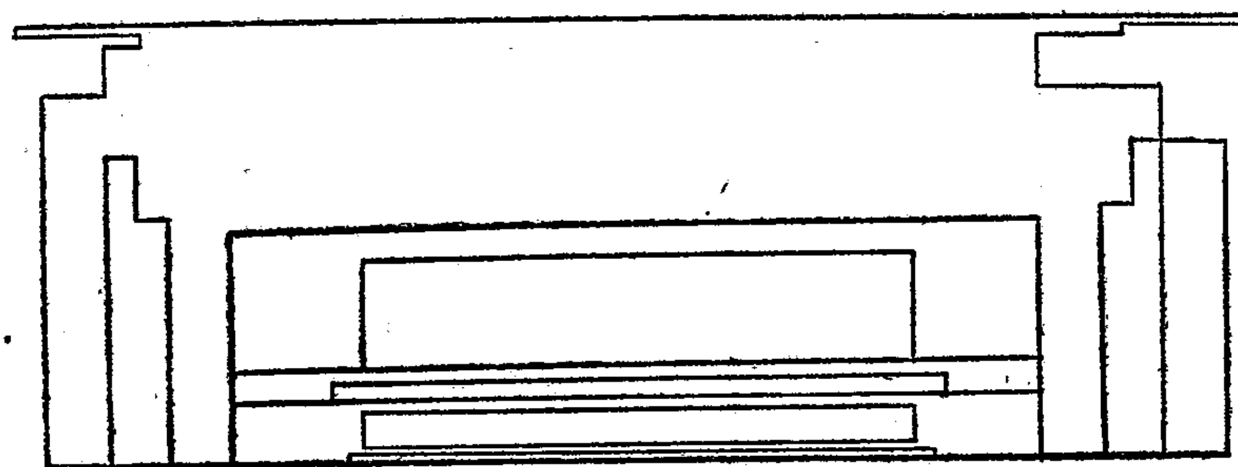
(*) Séance du 4 avril 1949.

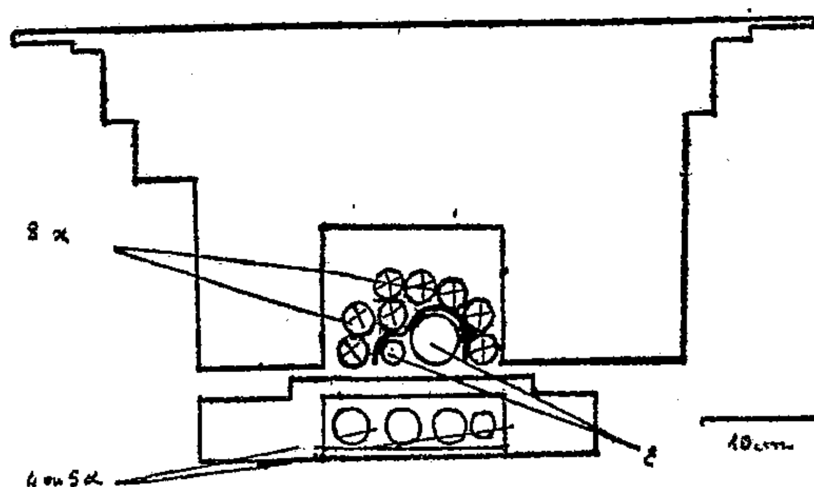
([1]) Cocconi, V. T. Cocconi et Greisen, *Phys. Rev.* (sous presse).

([2]) Auger, Daudin, Fréon et Maze, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 178.

II. Occhialini, Belenky, Clementel et Nordheim [3] ont remarqué que les photons ont entre 2.10^6 et 2.10^7 eV un parcours moyen allant jusqu'à 2^{cm},5 et supérieur de 3 à 4 fois à leur parcours limite. Greisen a étudié le rôle qu'ils peuvent jouer en *prolongeant* les cascades et conclut que la théorie ainsi amendée peut maintenant rendre compte de l'absorption jusqu'à 15^{cm} de plomb, ce dont elle était incapable jusqu'ici.

Nous avons cherché une preuve directe du rôle de ces photons. Sous un écran variable de plomb, nous avons disposé 2 petits compteurs de 25^{cm} de long enroulés ou non dans une feuille de 3^{mm} de plomb et entourés d'une protection de compteurs de 45^{cm} de long (8 α).





Dispositif avec écran de 16^{cm},4, plomb.

Proportion des anticoïncidences des 8α.

	Sans feuille de 3 mm.		Avec feuille de 3 mm.	
Écran supérieur...	ε seuls	ε et 5 α	ε seuls	ε et 5 α
5 cm. Plomb.......	80/383/154^{h}28	10/368/112^{h}25	107/687/115^{h}15	7/213/59^{h}11
Perte en %........	8 % ± 1 %	3 % ± 1 %	16 % ± 2 %	3 % ± 2 %
10 cm. Plomb......	115/732/363^{h}22	-	108/419/300^{h}35	5/102/115^{h}45
Perte en %........	16 % ± 2 %	-	26 % ± 3 %	5 % ± 3 %
16 cm. Plomb......	-	-	34/283/498^{h}52	-
Perte en %........	-	-	12 % ± 2 %	-

(3) Occhialini (Communication privée); Belenky, *J. of. Phys. U. R. S. S.*, VIII, 1944, p. 305; Clementel et Fabrichesi, *N. Cim.*, V, 1948, p. 78; Nordheim et Richards, *Phys. Rev.*, 24, 1948, p. 1106.

Si de tels photons existent, ils ne peuvent donner naissance qu'à des électrons de faible parcours (quelques millimètres de plomb) et les électrons qui touchent ε auront été créés dans la feuille de plomb elle-même par un photon auquel la voûte de compteurs 8 α sera insensible.

Le tableau résume les résultats obtenus avec des écrans variés. On remarque que

a. Les 8 compteurs α manquent de nombreux chocs sur ε et plus souvent avec 3^{mm} de plomb que sans.

b. Si les 4 ou 5 compteurs α situés 1^{cm} au-dessous de ε sont touchés, si la cascade se prolonge au-dessous de ε, les anticoïncidences tombent à un niveau non significatif (la perte de rendement en anticoïncidences pouvant atteindre 2 %). Ces photons sont bien des *épigones* de cascades éteintes.

c. Comme le prévoyait Greisen (4), la proportion de ces photons est plus élevée vers 10^{cm} de plomb (25 %). Elle est faible vers $16^{cm},4$ de plomb. Tout le monde admet à ce niveau un changement dans la nature des particules *restantes*. Si les anticoïncidences restent nombreuses sous $16^{cm},4$ de plomb, cela peut être dû à ce que les gerbes nucléaires peuvent se reproduire en cascades en plusieurs points du plomb et émettre un grand nombre de γ et également de neutrons (dans ce dernier cas, 2 sont touchés par des *étoiles* aux branches peu pénétrantes et même ascendantes).

La situation actuelle est donc celle qui avait été prévue à la fin de la Note la plus récente (2). La théorie paraît en mesure d'expliquer l'absorption jusqu'à $15\text{-}18^{cm}$ de plomb. Cet argument en faveur d'un méson léger a donc perdu de sa force (5). Mais au delà de 15^{cm} de plomb, l'existence de particules à très faible parcours paraît pourtant plus probable que jamais d'après les clichés Wilson, les études à la plaque photographique, et depuis l'apparition du méson τ à côté du méson π. Rochester et Butler (6) ont observé des mésons π et μ dans les grandes gerbes. Il pourrait y avoir lieu de modifier nos hypothèses dans le sens suivant : ces particules à très faible durée de vie pourraient jouer un rôle plutôt dans le début des gerbes nucléaires que dans le pouvoir pénétrant lui-même qui serait assuré par des mésons π et μ. L'absorption catastrophique d'un grand nombre de ces particules instables [admise par Powell (7)] permettrait d'élever leur masse moyenne sans entrer en contradiction avec les observations sur l'ionisation des trajectoires (8).

Le remaniement opéré dans la théorie des cascades photoélectroniques a une répercussion, non seulement sur la fin de la courbe de Rossi, mais aussi sur son début, et il accroît considérablement les désaccords observés par Hazen (9).

(4) GREISEN, *Phys. Rev.* (sous presse).
(5) AUGER, DAUDIN, FRÉON et MAZE, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 179.
(6) ROCHESTER et BUTLER, *Proc. Phys. Soc.*, 61, 1948, p. 307 et 535.
(7) POWELL et Coll., *Nature*, 163, 1949, p. 82.
(8) DAUDIN, *J. Phys. Rad.*, IX, 1948, p. 149.
(9) NASSAR et HAZEN, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 298.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une activité singulière des métaux bombardés par les deutons.* Note (*) de M[lles] **Catherine Chamié** et **Hélène Filçakova**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nos expériences ont mis en évidence une activité inattendue qui se manifeste au delà du parcours des deutons. Le but de ce travail était d'étudier cette activité dans les couches de plus en plus profondes de l'élément irradié.

Technique des expériences. — Nous avons superposé des lames métalliques de $0^{mm},02$ d'épaisseur de manière qu'elles adhèrent l'une à l'autre. La masse métallique ainsi constituée servait de cible aux deutons produits par le cyclotron du Collège de France (énergie de l'ordre de 6,5 MeV). Après le bombardement qui durait environ 2 heures, on séparait les lames et l'on mesurait le courant d'ionisation produit par chacune d'elles. On pouvait comparer ainsi la courbe de décroissance du courant en fonction du temps, de la lame n° 1 de la surface qui recevait directement les deutons avec celle de la lame n° 2 qui se trouvait au-dessous de la première et avec toutes celles qui venaient après (lames n° 3 à n° 10) jusqu'à la profondeur de $0^{mm},2$ et davantage. Le courant d'ionisation étant très élevé pour les métaux étudiés, les mesures des cinq ou six premières lames étaient faites avec une chambre d'ionisation pour rayons α; les lames à partir du n° 7 ont été mesurées avec un compteur β (épaisseur de paroi environ : 20 mg/cm² Mg).

I. Expériences avec l'or. — Nous avons vérifié (1) que l'or bombardé par les neutrons du même cyclotron, met en évidence une seule période de $2^j,76$ et qu'on la retrouve dans le cas des deutons quand les mesures commencent 5 jours après la fin du bombardement. En effet, il a été montré pour les deutons (2) que la courbe de période $2^j,76$ est affectée d'un supplément d'activité de période de 23 heures attribuée au mercure formé d'après (d, $2n$).

1° *Courbes.* — Nous avons trouvé qu'en plus de cette activité normale le début de la courbe de la première lame présente une chute rapide avec deux périodes courtes de l'ordre de 5 minutes et de 10 minutes, tandis que la période de 23 heures est observable au bout d'une heure et demie après la sortie de la lame du cyclotron. La deuxième lame (profondeur $0^{mm},02$) met mieux en évidence les périodes courtes parce que l'activité des périodes longues est moins intense. A la profondeur de $0^{mm},04$ qui dépasse le parcours des deutons dans l'or ($R = 0^{mm},03$), nous avons trouvé une activité semblable à celle de la deuxième lame, mais c'est à la profondeur de $0^{mm},06$ que la période courte de 10 minutes se manifeste le mieux, n'étant presque pas voilée par l'activité normale (*fig.* 1). Quand on diminue la durée du bombardement, la période de

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) G.-A. Renard, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1269.

(2) G. Friedlander et S. C. Wu, *Phys. Rev.*, 63, 1943, p. 227.

10 minutes ressort aussi avec plus de netteté dans toutes les couches de l'or même à $0^{mm},18$ de profondeur. Le rayonnement correspondant à la période de 10 minutes peut être observé à travers des filtres en aluminium.

Il faut noter que nous avons observé une faible intensité de l'activité normale de période de $2^j,76$ dans toutes les couches en profondeur du métal; elle est probablement due aux émissions de neutrons accompagnant l'activité due à la réaction (d, $2n$) dans les couches supérieures.

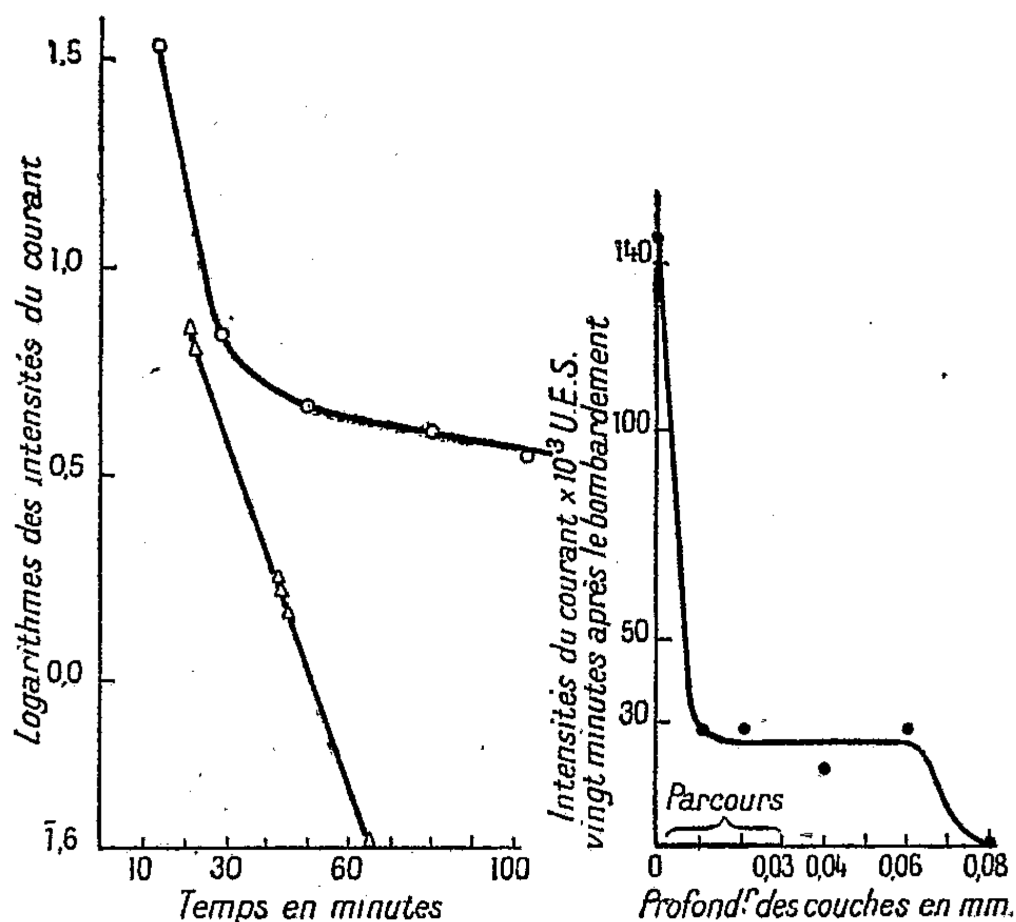


Fig. 1. — Courbes de décroissance du courant.
⊙ Première lame à la surface.
△ 4ᵉ lame à la profondeur de $0^{mm},06$ (intensités × 2,5).

Fig. 2. — Intensité du courant de l'activité singulière en fonction de la profondeur.

2° *Intensité.* — Pour l'activité normale, l'intensité du courant d'ionisation au même moment d'observation décroît très rapidement avec la profondeur. Or, l'intensité de l'activité singulière conserve le même ordre de grandeur pour les profondeurs de 0,01 à $0^{mm},06$ et diminue ensuite (*fig.* 2). Le comportement de cette activité la distingue foncièrement de l'activité normale, c'est pourquoi nous la disons singulière.

II. Expériences avec d'autres métaux. — Nous avons observé les mêmes déformations des courbes avec la profondeur pour l'argent, le cuivre, le nickel et l'aluminium.

Résumé. — 1° Une activité singulière de courtes périodes accompagne l'activité normale des métaux après leur bombardement par les deutons; 2° cette activité se manifeste le mieux dans les couches plus profondes au delà du parcours des deutons dans le métal où l'activité normale devrait être nulle;

3° l'intensité de cette activité garde le même ordre de grandeur dans une couche d'une certaine épaisseur dépassant le parcours des deutons dans le métal donné.

Conclusion. — L'existence d'une activité nouvelle est établie pour les métaux étudiés. Il n'est pas impossible que cette activité soit provoquée par les protons qui accompagnent les deutons. Des expériences sont en cours pour expliquer ce phénomène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'oxydation anodique du cuivre par la diffraction électronique.* Note de M. **Henri Frisby**, présentée par M. Louis de Broglie.

Lorsqu'on électrolyse une solution de soude déci-normale avec des électrodes de cuivre sous une tension de 3 volts, on obtient un dégagement abondant d'oxygène sur l'anode. De plus, des traînées verticales jaunes, puis brunâtres apparaissent sur cette électrode positive à partir de quelques dizaines de secondes d'électrolyse.

L'analyse électronique de la surface de cuivre ainsi recouverte du dépôt jaune fournit un diagramme d'anneaux très faibles, mais d'intensité homogène. Même dans le cas où l'anode est un monocristal de cuivre et le dépôt trop mince pour être visible, on n'observe jamais de variation systématique d'intensité sur les anneaux obtenus.

Le traitement de la pièce par les solvants habituels : eau, alcool, éther, acétone ne permet pas d'obtenir de diagramme plus intense. Par contre, si le traitement anodique est suivi d'un séjour de 5 minutes dans l'eau bouillante, la surface fournit un diagramme d'anneaux plus nets. Ces anneaux ont d'ailleurs mêmes intensités relatives et mêmes diamètres que les précédents.

Les mesures indiquent qu'on est en présence d'un diagramme de Debye-Scherrer correspondant à l'oxyde cuivrique CuO pur.

Le produit brunâtre déposé sur les anodes se détache facilement, soit spontanément dans le bain d'électrolyse, soit sous un courant d'eau. L'adhérence de l'oxyde cuivrique sur le cuivre est donc faible. Au contraire, l'oxyde cuivreux (Cu_2O) (obtenu par oxydation du cuivre au-dessous de 175° dans un courant d'air) adhère fortement sur le substrat de cuivre.

De plus, l'oxyde cuivreux s'oriente parfaitement par rapport au métal sur lequel il s'est formé en couche mince. On peut en effet obtenir par oxydation d'un monocristal de cuivre en présence d'eau un film monocristallin d'oxyde de $0^{\mu},5$ d'épaisseur. Par contre, nous avons vu que les anneaux de Debye-Scherrer de l'oxyde cuivrique n'indiquent aucune orientation privilégiée du dépôt.

Les deux faits exposés ci-dessus montrent qu'il existe une faible liaison entre

la surface de cuivre et l'oxyde cuivrique et une très forte liaison entre le cuivre et l'oxyde cuivreux.

Considérons les structures cristallines respectives de ces trois corps :

Le cuivre est cubique à faces centrées [$a = 3,61$ Å].

L'oxyde cuivreux est aussi cubique à faces centrées par rapport au cuivre [$a = 4,28$ Å].

L'oxyde cuivrique est monoclinique; les trois arêtes du prisme ont respectivement pour valeurs : $a = 4,65$ Å, $b = 3,41$ Å, $c = 5,11$ Å et un angle $\beta = 99°29'$ (α et γ étant des angles droits).

On voit immédiatement que la structure de l'oxyde cuivreux est très proche de celle du cuivre puisqu'elle n'en diffère que par une dilatation de la maille (de 3,61 Å à 4,28 Å) et par l'introduction de deux atomes d'oxygène.

Au contraire, la structure de l'oxyde cuivrique diffère nettement des deux autres.

Ainsi, quand l'oxydation du cuivre aboutit à l'oxyde cuivreux, le bouleversement des atomes de cuivre réagissant est faible et l'orientation du métal sous-jacent est conservée. Quand l'oxydation aboutit à l'oxyde cuivrique, le bouleversement de la surface est considérable et rien ne subsiste de l'orientation primitive.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'activité des ions, la loi d'action de masse et les lois de Raoult.* Note (*) de M. **Vasilesco Karpen**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente nous avons montré les motifs qui nous ont fait supposer que les ions doivent suivre la loi des gaz; s'ils ne satisfont pas aussi à la loi classique d'action de masse, c'est que celle-ci a été établie pour des molécules neutres; pour la rendre valable dans le cas des ions, on doit la modifier en tenant compte des charges électriques de ces corpuscules, savoir de leurs énergies potentielles θ. Considérons, par exemple, l'équilibre $KCl \rightleftharpoons K^+Cl^-$ et appliquons-lui le raisonnement bien connu (machine de Van't Hoff). Le travail total du transport des ions K^+, Cl^-, de la concentration C_1 à C_2, et des molécules KCl de C_2 à C_1, travail qui doit être nul, est :

$$RT\ln\frac{C_{1K}}{C_{2K}} + \theta_{1K} - \theta_{2K} + RT\ln\frac{C_{1Cl}}{C_{2Cl}} + \theta_{1Cl} - \theta_{2Cl} + RT\ln\frac{C_{2ClK}}{C_{1ClK}} + \theta_{2KCl} - \theta_{1KCl} = 0,$$

d'où

$$\frac{C_{1K}C_{1Cl}}{C_{1KCl}}e^{\frac{\theta_{1K}+\theta_{1Cl}-\theta_{1KCl}}{RT}} = \frac{C_{2K}C_{2Cl}}{C_{2KCl}}e^{\frac{\theta_{2K}+\theta_{2Cl}-\theta_{2KCl}}{RT}} = \text{const.};$$

(*) Séance du 4 avril 1949.

telle est l'expression de la loi des masses, applicable aux concentrations *habituelles* des ions et des molécules, C_K, C_{Cl}, C_{KCl}.

Si l'on remplace les énergies θ par leurs valeurs $RT\ln\alpha$, on vérifie immédiatement que les activités αC satisfont à la loi classique des masses, établie pour les molécules neutres, mais il n'en est plus de même pour les lois de Raoult, qui ne sont pas vérifiées si l'on y remplace C par αC.

Dans la démonstration thermodynamique des formules donnant l'abaissement de la tension de vapeur, du point de congélation et le relèvement du point d'ébullition des solutions, intervient le travail $d\mathcal{T}$, nécessaire pour varier de dv le volume d'un équivalent de corps dissous sous la pression osmotique P. Pour les molécules neutres, ce travail est $P\,dv$, mais pour les ions il faut ajouter le travail correspondant à la variation de leur énergie, $-(d\theta/dv)\,dv$, de sorte que le travail total est

$$d\mathcal{T}=\left(P-\frac{d\theta}{dv}\right)dv=\left(P+C^2\frac{d\theta}{dC}\right)dv$$

avec $\theta = RT\ln\alpha$. Suivant le calcul mentionné de Debye et Huckel, θ est proportionnel à $C^{1/2}$, $\theta = KC^{1/2}$, l'expérience vérifiant, approximativement, la proportionalité de $\ln\alpha$, donc de θ, avec $C^{1/2}$. Ainsi :

$$\frac{d\theta}{dc}=\frac{K}{2}C^{-\frac{1}{2}}=\frac{\theta}{2C}=\frac{RT\ln\alpha}{2C}$$

et nous obtiendrons finalement pour $d\mathcal{T}$:

$$d\mathcal{T}=\left(P+\frac{C\theta}{2}\right)dv=P\left(1+\frac{\ln\alpha}{2}\right)dv.$$

Si l'on introduit cette valeur de $d\mathcal{T}$, dans la formule donnant l'abaissement de la tension de vapeur, on obtient :

$$\ln\frac{p_0}{p}=\frac{m}{\rho}C\left(1+\frac{\ln\alpha}{2}\right).$$

On obtient de même pour la formule de l'abaissement du point de congélation, et de l'élévation du point de congélation,

$$\frac{L\rho\,\Delta T}{RT^2}=C\left(1+\frac{\ln\alpha}{2}\right).$$

Comme on le voit, dans toutes ces formules, la concentration C de la solution est remplacée par $C(1+\ln\alpha/2)$, les coefficients α (donc les énergies θ) devant être déterminés *seulement* par la mesure des forces électromotrices des piles de concentration. Selon Lewis, C devrait être remplacé, dans ces formules, déterminées thermodynamiquement, par l'activité αC (dénommée par Lewis concentration thermodynamique), ce qui est sans doute une erreur et les résultats obtenus en déterminant α, par l'abaissement du point de congélation,

en remplaçant, dans la formule respective, C par αC, ne peuvent pas être exacts. Néanmoins pour de faibles concentrations, ils ne doivent pas s'écarter beaucoup de l'exactitude car, pour α voisin de l'unité, $\ln\alpha \approx \alpha - 1$, donc

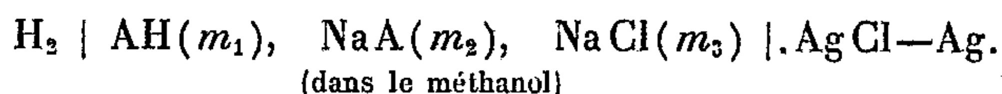
$$1 + \frac{\ln\alpha}{2} \approx 1 + \frac{\alpha - 1}{2} \approx \alpha.$$

En conclusion, tout en rendant hommage aux travaux de G. N. Lewis, nous pensons avoir montré que *l'activité* αC ne correspond pas à une propriété particulière des ions, les rendant propres à satisfaire aux lois de la thermodynamique, mais qu'elle est une grandeur fictive, dont l'emploi a été sans doute utile, mais à laquelle on devrait renoncer en faveur d'une grandeur réelle, l'énergie potentielle des ions, dépendant de la constante diélectrique du milieu où se trouvent les ions.

ÉLECTROCHIMIE. — *Études potentiométriques en milieu anhydre.* Note (*) de Mlle **Marie-Louise Dondon**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On connaît l'importance, en milieu aqueux, des courbes potentiométriques qu'on obtient en portant le pH d'une solution acide en fonction d'une quantité de base ajoutée. La même étude effectuée en milieu anhydre présente un intérêt à la fois théorique et pratique dans les recherches sur les acides organiques. Un certain nombre de mesures de potentiel dans des solvants non aqueux, obtenues avec des électrodes à quinhydrones (1) ou à hydrogène (2), ont déjà été publiées, mais des recherches systématiques restent encore à faire. Nous avons choisi comme solvant le méthanol anhydre et utilisé successivement les deux techniques.

Avec l'électrode à hydrogène dans l'acide AH, la pile étudiée est du type



$$H_2 \mid AH(m_1),\quad NaA(m_2),\quad NaCl(m_3) \mid .AgCl-Ag.$$
(dans le méthanol)

Classique en solution aqueuse (3) pour la détermination des constantes de dissociation d'acides faibles, cette pile a été utilisée avec succès pour les mêmes mesures dans des solvants mixtes (4), même si leur constante diélectrique est faible.

Nos résultats dans le méthanol semblent satisfaisants. Les mesures sont faites

(*) Séance du 28 mars 1949.

(1) Par exemple : Hammett et Dietz, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 4795 ; Hall, *ibid.*, 52, 1930, p. 5115.

(2) Dans MeOH : Nonhebel et Hartley, *Phil. Mag.*, (6), 50, 1925, p. 729; MeOH, CH_3COOH, et la pyridine, Kirrmann et Yvernault, Mémoire à paraître dans un autre Recueil.

(3) Harned et Ehlers, *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 1350.

(4) Harned et Morrison, *Am. J. of Science*, 33, 1937, p. 161.

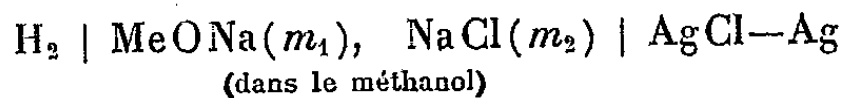
à 25°, les potentiels mesurés au 1/10 de millivolt. Les premières déterminations ont porté sur des solutions d'acide acétique partiellement neutralisé par du méthylate de sodium, en présence de chlorure de sodium. Les potentiels sont stables et reproductibles au millivolt près. La courbe du potentiel en fonction de la quantité de méthylate ajoutée présente la forme habituellement observée dans l'eau.

Le pK_A de l'acide est donné par

$$\frac{E - E_0}{2,30\frac{RT}{F}} + \log\frac{m_{Cl}\,m_{HA}}{m_A} = -\log K_A - \log\frac{\gamma_{Cl}\gamma_{HA}}{\gamma_A}.$$

Nos mesures donnent pour pK_A de l'acide acétique en présence de NaCl des valeurs comprises entre 9,6 et 9,9. Des mesures en cours préciseront ce résultat.

Des mesures de potentiel effectuées sur la pile



H_2 | MeONa(m_1), NaCl(m_2) | AgCl—Ag
(dans le méthanol)

pour différentes valeurs de m_1 et m_2 ont permis d'atteindre la constante d'autoprotolyse de l'alcool méthylique

$$K = [CH_3O^-][H^+]$$

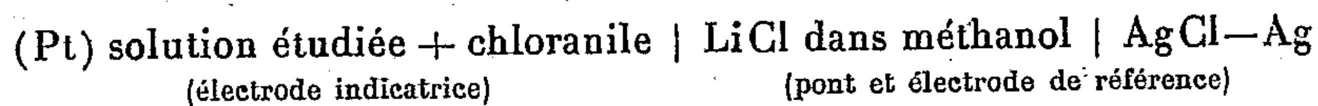
donnée par

$$\frac{E - E_0}{2,30\frac{RT}{F}} + \log\frac{m_{Cl}}{m_{MeO}} = -\log K - f(\gamma),$$

$f(\gamma)$ tendant vers zéro avec la force ionique de la solution. Une courte extrapolation donne pour pK, $16,68 \pm 0,02$.

Cette constante n'avait été déterminée jusqu'ici que par conductibilité ou au moyen de piles comportant des jonctions liquides (5). Les valeurs indiquées (16,5 à 16,76) sont voisines des nôtres; l'incertitude qui reste attachée aux corrections nécessitées par les potentiels de jonction rend toutefois préférable l'emploi de piles sans jonction.

L'impossibilité d'obtenir rapidement des potentiels stables avec l'électrode à hydrogène nous a conduit à essayer une autre technique expérimentale : on constitue l'ensemble représenté par le schéma suivant :



(Pt) solution étudiée + chloranile | LiCl dans méthanol | AgCl—Ag
(électrode indicatrice) (pont et électrode de référence)

Les solutions acides de concentration variable, additionnées de chloranile, sont titrées avec une solution normale de méthylate de sodium dans le méthanol.

(5) BJERRUM, UNMACK et ZEICHMEISTER, *Kgl. Danske Vid Selsk Mat-fys Medd.*, V. 11, 1924; BUCKLEY et HARTLEY, *Phil. Mag.*, (8), 7, 1929, p. 320.

La courbe de titrage de l'acide chlorhydrique, pour des concentrations comprises entre 1,0 et 0,02 n, présente l'aspect typique connu en solution aqueuse, avec une position bien définie du point d'inflexion qui indique la neutralisation exacte. Cependant, la courbe ne présente pas, par rapport à ce point, la symétrie parfaite attendue : dans la partie qui suit immédiatement le point d'inflexion, la pente est trop faible, indiquant une anomalie qui n'existe pas en solution aqueuse.

La neutralisation de l'acide acétique en solution pas trop diluée (jusqu'à environ $n/10$) fournit également des courbes de forme classique, semblables à celles obtenues avec l'électrode à hydrogène. Quand la dilution augmente, la pente de la tangente d'inflexion diminue, comme il faut s'y attendre. Mais on observe en même temps un déplacement du point d'inflexion vers les plus grandes quantités de base. Cette perturbation pourrait être due à la trop grande solubilité de la forme réduite du chloranile; des expériences ultérieures préciseront ce point de vue.

Les acides monochloracétique, œnanthylique et maléique ont fourni des résultats analogues.

Au total, on peut affirmer que l'électrode à chloranile permet un titrage potentiométrique des acides, même faibles, lorsque la concentration en est relativement élevée. L'électrode à hydrogène, au contraire, inutilisable pratiquement pour les titrages, permet d'étudier les valeurs absolues des grandeurs physicochimiques.

PHOTOCHIMIE. — *Sur une réaction photochimique réversible.*

Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que lorsqu'on porte une plaque photographique développée après exposition, et fixée, dans un bain de bichlorure de mercure à 1 %, la plaque blanchit après quelques minutes d'immersion. Le bichlorure cède du chlore à l'argent qui passe à l'état de chlorure blanc. On sait également que le mercure lui-même se fixe sur cette plaque autour de centres formés par les grains d'argent, puisque ce procédé est couramment employé pour le renforcement, par développement, des clichés photographiques jugés faibles.

Or, nous avons constaté que si, au lieu de développer une telle plaque blanchie, on la porte, après un lavage sommaire, dans une solution diluée d'iodure de potassium (0,25 à 0,50 %), elle prend une belle coloration jaune safran. On lave alors cette plaque assez rapidement et on la fait sécher à l'abri d'une lumière vive.

Lorsqu'on expose une plaque ainsi obtenue à la lumière solaire directe ou même diffuse, mais suffisamment intense, elle change de couleur en prenant une teinte noir violacée. En conservant cette plaque pendant deux ou trois jours

à l'obscurité, la nouvelle coloration disparaît et la plaque reprend progressivement sa couleur jaune primitive.

Si l'on expose cette plaque sous un cliché photographique, on voit l'image positive s'impressionner sur elle avec une telle force qu'on peut, à partir de ces images, reproduire une copie du négatif au moyen d'un tirage fait dans la chambre noire.

Lorsque, au lieu de conserver la plaque impressionnée dans un endroit obscur, on la porte sous un courant d'eau, l'image disparaît instantanément ou bien elle s'affaiblit considérablement, ce qui contribue à abréger la durée de sa disparition.

La disparition de l'image par ce moyen étant très rapide, la gélatine n'arrive pas à l'état de gonflement. La plaque sèche par conséquent très vite, d'où la possibilité d'opérer plusieurs reproductions successives sur une même plaque dans un minimum de temps.

Nous nous sommes demandé ce que pouvait être la nature de cette réaction photochimique réversible et reproductible à volonté, que nous venons de décrire. La coloration de la plaque n'est pas due à la libération de mercure, ni à celle d'iode, parce que le mercure résisterait à l'action de l'eau. L'iode disparaîtrait à son tour plus facilement de la surface de la plaque, par volatilisation, si l'on plaçait celle-ci dans le vide ou sur une surface chauffée, ce que nous n'avons jamais constaté. D'ailleurs l'empois de l'amidon ne se colore pas en présence de la plaque exposée. L'argent de nos négatifs n'aurait pas pu rester non plus intact si de l'iode venait de se libérer à son contact.

Afin de savoir si cette réaction photochimique serait susceptible de s'épuiser à la longue, nous avons exposé la moitié d'une plaque à la lumière pendant deux semaines, l'autre moitié étant enveloppée dans du papier noir et, lorsque finalement nous avons remis de nouveau la plaque à l'obscurité, elle est revenue à sa coloration primitive.

Quelle pourrait être l'utilisation pratique de cette curieuse propriété des plaques photographiques au gélatino-iodure argento-mercuriques? Nous ne voyons pour le moment que la possibilité de leur emploi dans des travaux photomécaniques pour la reproduction de photographies ou de documents imprimés.

Signalons que les plaques blanchies simplement dans le bain au bichlorure de mercure présentent aussi une propriété analogue, mais à un degré beaucoup trop faible. Ces plaques ne conservent d'ailleurs pas la pureté de leur teinte blanche.

CHIMIE MINÉRALE. — *Attaque des oxydes et des fluorures de Terres rares par le magnésium fondu.* Note de M[lle] **Françoise Mahn**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'action du magnésium liquide sur les chlorures fondus de Terres rares permet de réaliser des alliages magnésium-métaux des Terres rares contenant environ 10 % de ces derniers ([1]). Des titres plus élevés (30 %) sont obtenus lorsque le magnésium, additionné d'une certaine proportion de métal lourd (Zn, Cd), est utilisé comme cathode liquide dans une électrolyse de chlorures fondus de Terres rares ([2]).

Le but de ce travail est d'obtenir, sans faire intervenir d'électrolyse et à partir de composés de préparation facile (oxydes, fluorures) des alliages de magnésium à titre élevé en métaux rares.

L'attaque d'oxydes rares solides par le magnésium se présente comme possible *a priori* si l'on considère les volumes respectifs de l'oxyde initial et de la magnésie formée (rapport des volumes équivalents inférieur à 1) ([3]). L'expérience montre que cette attaque a lieu mais très lentement. Des opérations de trois heures donnent un titre maximum de 5 °/₀ de métal rare dans le magnésium. De plus, pour avoir une vitesse de pénétration suffisante, l'opération doit être effectuée au-dessus de 1000° C., très près du point d'ébullition du magnésium.

Des résultats très supérieurs sont obtenus par la réaction du magnésium sur les fluorures de Terres rares, à la condition que ces derniers soient fondus, car à l'état solide, ils ne sont pas attaquables par le magnésium. Les fluorures sont de préparation facile; ils sont insolubles dans l'eau et ne donnent pas, comme les chlorures, de composés oxygénés (oxychlorures) nuisibles à la préparation du métal ou de l'alliage. Le fluorure précipité, lavé, séché, peut être fondu sans précaution particulière.

La formation de l'alliage de magnésium et de métaux rares à partir de fluorures fondus présente quelques difficultés. En effet, la température de déplacement pour laquelle le titre de l'alliage en métaux rares est maximum (20 %) est de 800° C. Cette température est trop basse pour réaliser la fusion des fluorures rares (point de fusion $>$ 1200° C.). Ils doivent être mis en solution dans un flux convenable. Les fluorures alcalins, essayés tout d'abord, explosent en présence de magnésium fondu; ils ont du être remplacés par un mélange de chlorures alcalins et alcalino-terreux.

Malgré l'addition d'un flux fusible, la présence de fluorures rares rend le

([1]) F. Trombe et F. Mahn, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 603.

([2]) F. Trombe et F. Mahn, *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 778.

([3]) F. Trombe et M. Foëx, *Ann. de Chim.*, 11e série, **18**, 1943, p. 97.

mélange pâteux; l'alliage formé se sépare mal de sa gangue de fluorures et les opérations sur de petites quantités ne donnent certainement pas le rendement maximum. Lorsque l'alliage est coulé sous un flux de chlorures alcalins, il est obtenu homogène et exempt de fluorures. Comme dans le déplacement des chlorures, le titre de l'alliage augmente avec la concentration en fluorures, jusqu'à une valeur limite.

Pour des mélanges comprenant 20^g de magnésium, 20^g de fluorure de Terres rares et 15^g de flux ($NaCl$: 10 parties; $CaCl_2$: 10 parties; CaF_2 : 1 partie) et maintenus 30 minutes en réaction (agitation, décantation, puis coulée) à une température d'environ 800° C., le titre en métal rare de l'alliage formé dépasse 20 % avec un rendement moyen de 30 % qui peut atteindre 50 %. A 900° C., dans les mêmes conditions, l'alliage ne contient que 10 % de métal rare.

En conclusion, si l'attaque des oxydes de Terres rares par le magnésium fondu ne fournit que des alliages très peu riches en métaux rares, celle des fluorures est rapide et donne, avec un assez bon rendement, des alliages titrant 20 % de métaux rares. Ce dernier procédé semble donc être, pour l'avenir, une méthode pratique pour la préparation des métaux des Terres rares et en particulier ceux du groupe yttrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dinitro chloro-2 naphtalènes*. Note (*) de M[lle] **Brigitte Ceillier** et M. **Henri Wahl**, présentée par M. Marcel Delépine.

Lors d'une étude sur la nitration de l'acide chloro-2 naphtalène sulfonique-1, l'un de nous et H. Basilios ont montré (1) que cette nitration conduit à un mélange de produits sulfonés et de produits non sulfonés. Parmi ces derniers, le produit principal est le dinitro-1.8 chloro-2 naphtalène F 176° que Scheid (2) avait obtenu en nitrant directement le chloro-2 naphtalène et auquel il attribuait un point de fusion de 175°.

Par contre, ce même auteur a décrit comme étant le dinitro-1.6 chloro-2 naphtalène un composé isomère formé dans une nitration à température plus basse, composé d'ailleurs peu différent du premier et F 174° dont la constitution ne résultait que de preuves douteuses.

Malgré une étude très poussée des diverses conditions de la nitration du chloro-2 naphtalène ou de son acide sulfonique, il nous a été impossible jusqu'à présent de retrouver le soi-disant isomère de Scheid et nous avons essayé de découvrir les raisons de cette différence de résultats.

Notre première préoccupation a été de réaliser la préparation du véritable

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) H. Wahl et H. Basilios, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1569.

(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 34, 1901, p. 1813.

dinitro-1.6 chloro-2 naphtalène dont la littérature ne fait pas d'autre mention que celle de Scheid.

Le point de départ choisi est la dinitro-1.6 naphtylamine-2 qui se forme comme produit principal dans la nitration du dérivé toluène sulfonylé de la naphtylamine-2 selon Bell (3) :

La diazotation de l'amine et la décomposition du dérivé diazoïque s'effectuent facilement en suivant les indications de Hodgson pour des cas analogues (4) et la composition du produit obtenu après purification par sublimation sous vide puis cristallisation dans l'alcool isopropylique correspond à celle du dinitro-1.6 chloro-2 naphtalène dont le point de fusion est de 179°.

(*Analyse* : Trouvé, H 2,10; C 48,0; Cl 13,87; N 11,1; Calculé, H 1,98; C 47,52; Cl 14,06; N 11,1.)

Malgré le peu de différence du point de fusion, ce produit est différent de l'isomère 1.8, et nous nous sommes assurés que sa formation ne s'accompagne d'aucune anomalie en le chauffant en tube scellé avec de l'ammoniaque ordinaire à 140° pendant deux heures, ce qui nous a donné la dinitro-naphtylamine de départ.

La comparaison de ce produit avec celui décrit par Scheid est mise en évidence par le tableau suivant :

Auteurs.	Origine du produit.	P.F(°C).	Position des NO_2.	Action NH_3.
Scheid	Nitration à froid	174	1.6	amine non identifiée
	« à 100°	175	1.8	Dinitro-1.8 amino-2 naphtalène
Wahl et Basilios	Nitration à froid ou à chaud	176	1.8	id.
id.	Synthèse	176	1.8	id.
Wahl et Ceillier	Synthèse	179	1.6	dinitro-1.6 amino-2 naphtalène

En présence de ce résultat, nous avons pensé que l'isomère de Scheid constituait peut-être un des autres isomères possibles et en particulier le dinitro-1.5 chloro-2 naphtalène dont la formation est probable.

Ce composé encore inconnu a été préparé au départ de la dinitro-1.5 naphtylamine-2 de Vesely et Jakes (5) par le même procédé que l'isomère précédent.

Ce dinitro-1.5 chloro-2 naphtalène forme des aiguilles presque incolores fondant à 147°,5 (Analyses : H 2,1; C 47,73; Cl 13,98; N 11,3; Calculé : H 1,98; C 47,52; Cl 14,06; N 11,1).

(3) *J. Chem. Soc.* Londres, 1929, p. 2784. *Cf.* Clemo et Driver, *J. Chem. Soc.*, 1945, p. 829.

(4) *J. Chem. Soc.*, Londres, 1933, p. 1620; 1944, p. 10.

(5) *Bull. Soc. Chim. France*, (4), 33, 1923, p. 942.

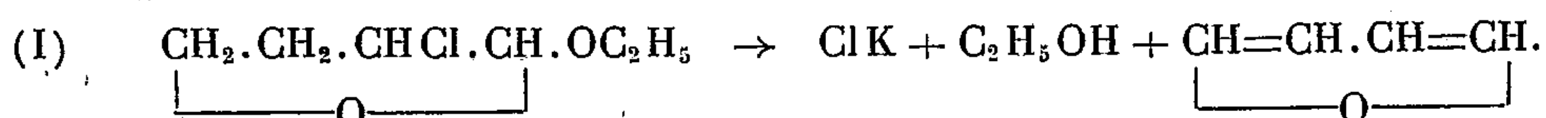
Traité par l'ammoniaque en tube scellé, il régénère également la dinitro-1.5 naphtylamine-2, ce qui en confirme la constitution.

De ces résultats, nous pouvons conclure que le produit de Scheid n'est ni l'isomère 1.6 ni l'isomère 1.5 dinitré, et il est possible que Scheid n'ait eu entre les mains qu'un seul produit, le dinitro-1.8 chloro-2 naphtalène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés des acétals hétérocycliques β halogénés*. Note de Mlle **Fernande Quennehen** et M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

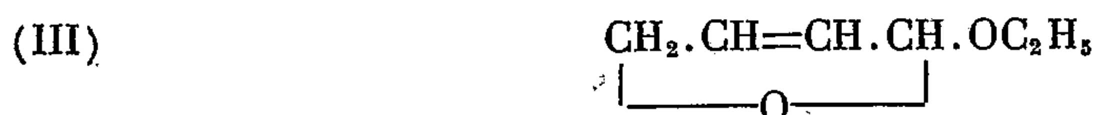
L'action du sodium sur les acétals β halogénés dérivés du tétrahydrofuranne nous a permis, récemment, de préparer le 2.3-dihydrofuranne (1).

Le traitement de ces mêmes acétals par HOK sèche pulvérisée ou en solution glycolique conduit, d'une façon inattendue, au furanne. Avec l'éthoxy-2 chloro-3 tétrahydrofuranne (I) le rendement est de 80 %, ce qui en constitue une bonne synthèse au départ de l'acétylène, par opposition aux méthodes classiques qui utilisent le furfural ou l'acide pyromucique.

(I) 

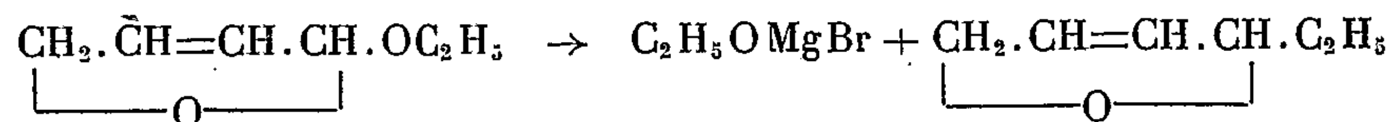
Le remplacement de HOK par NH_2Na permet de limiter la réaction à l'enlèvement de ClH. Il se forme un acétal éthylénique de structure (II) ou (III), avec un rendement de 50 %,

(II) 

(III) 

très sensible aux réactifs acides qui le scindent d'une façon quantitative en éthanol et furanne. Cependant, par hydrolyse en présence de 2.4-dinitrophénylhydrazine, on isole la 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'*hydroxyméthylacroléine* $CH_2OH.CH{=}CH.CHO$, aiguilles jaunes (alcool), F inst. 195°.

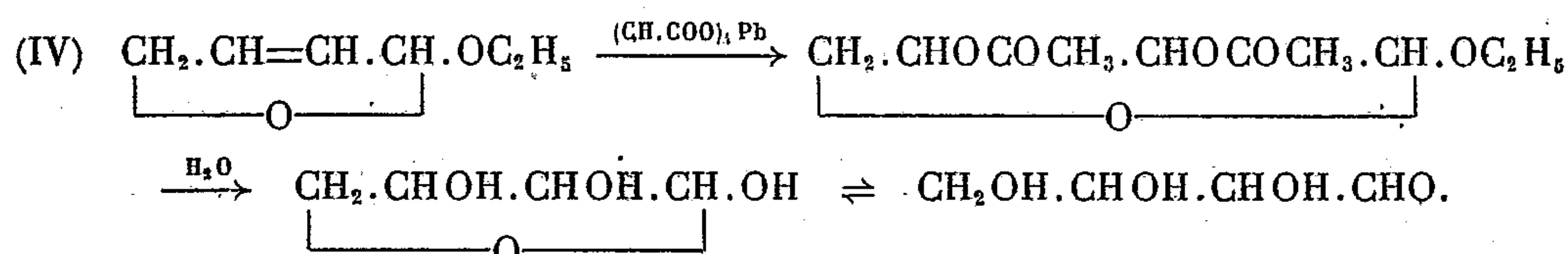
Un autre argument en faveur de la structure allylique (III) est l'action de C_2H_5MgBr qui conduit à l'éthyl-2 dihydro-2.5 furanne, caractérisé par ses constantes (2),



à l'exclusion de son isomère, l'éthyl-2 dihydro-4.5 furanne

(1) H. Normant, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 102-104.
(2) H. Normant, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 283-286.

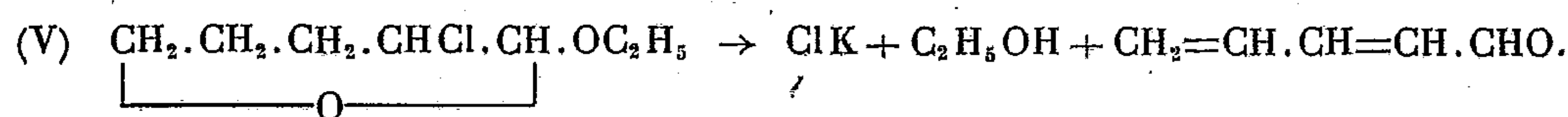
L'éthoxy-2 dihydro-2.5 furanne [$C_6H_{10}O_2$ form. (III)] est un liquide E_{13} 35°, D_{16}^{17} 0,988. Sous pression normale, il distille à 135° sans altération sensible, mais la moindre trace d'acide (acides minéraux dilués, CH_3COOH, CH_3COCl, etc.) provoque sa décomposition en furanne. De l'acétal (III) il paraissait possible de passer à un tétrose par la suite des réactions



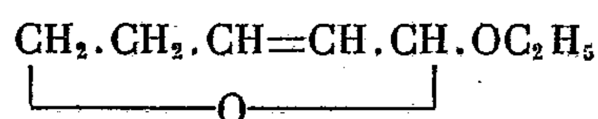
L'huile résiduelle, traitée par un excès de 2.4-dinitrophénylhydrazine, donne une poudre rouge F 335°, insoluble dans la plupart des solvants usuels. L'analyse du produit brut (N % tr. 22,85), sans être correcte, fait cependant penser à la 2.4 *dinitro-phénylosazone* de (IV) (N % calc. 23,4).

L'extension des réactions précédentes aux acétals β halogénés du tétrahydropyranne pouvait conduire, *a priori*, au pyranne toujours inconnu. Le dichloro-2.3 tétrahydropyranne de départ fut préparé selon la méthode de Paul (³). Par action de C_2H_5ONa il se forme *l'éthoxy-2 chloro-3 tétrahydropyranne* [$C_7H_{13}O_2Cl$ (V)], Rdt. 50 % $É_{13}$ 73-74°, D_{16}^{8} 1,131, accompagné de 20 % de chloro-3 dihydropyranne déjà connu (³).

Cet acétal halogéné, traité par HOK dans des conditions analogues à celles réalisées pour le composé furannique, n'a pas fourni le pyranne attendu, mais le pentadiène-al ($É_{15}$ 32°)



Le taux de rupture, basé sur l'éthanol formé, est voisin de 85 %. Ici encore, mais plus difficilement, l'action de NH_2Na s'arrête à la formation de l'acétal éthylénique



que PO_4H_3 hydrolyse facilement en pentadiène-al (⁴).

Les dérivés cristallisés de cet aldéhyde (obtenu selon ces deux méthodes) se sont révélés identiques; leurs points de fusion diffèrent de ceux qui ont été publiés :

	2-4 dinitro-phénylhydrazone.	Semicarbazone.
Woods............	F 176-177°	F > 260°
Auteurs............	$F_{inst.}$ 199-200°	$F_{inst.}$ 220°
	chauf. prog. F 176-177°	chauf. prog. : carbon.

(³) R. PAUL, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 122-124.
(⁴) WOODS, *J. Amer. chem. soc.*, 68, 1946, p. 2483-5.

Ainsi, si les résultats finaux dans les deux séries furannique et pyrannique sont différents, le mécanisme des réactions paraît bien être le même. La théorie de MM. Prévost et Kirrmann en donne une explication commode. La synionie très étroite du pentadiène-al et de l'α-pyranne, sans exclure la possibilité d'existence de ce dernier, laisse présumer que son isolement est des plus délicats.

GÉOLOGIE. — *Le synclinal silurien et dévonien de Foucauld (Maroc occidental).* Note de M. **Marcel Gigout** présentée par M. Paul Fallot.

Il existe, dans le synclinorium ordovicien de Bir Jdid Chavent-Kéradid, à une cinquantaine de kilomètres au Sud-Ouest de Casablanca ([1]), un synclinal où sont conservés des terrains gothlandiens et dévoniens. Cette unité qui avait échappé jusqu'à présent aux investigations, mesure 25^{km} de longueur sur 6^{km} de largeur; elle est axée Nord-Sud, légèrement inclinée vers le Nord-Est; le Pliocène et le Quaternaire la recouvrent, mais les petits affluents de rive droite de l'Oum er Rebia en donnent des coupes transversales. Son flanc ouest est redressé, faillé même par endroits, tandis que, vers l'Est, la pente des strates est plus douce, et plusieurs lobes s'étalent sur l'Ordovicien de la localité de Foucauld.

La série stratigraphique y est la suivante : sur les psammites ferrugineux du Llandeilo, à *Synhomalonotus tristani*, *Colpocoryphe aragoi*, etc. ([2]) viennent *en concordance* :

1. des schistes argileux, le plus souvent verdâtres, parfois noirs, avec quelques lits calcaires. Épaisseur, une centaine de mètres;
2. des schistes argileux verdâtres, épaisseur une centaine de mètres;
3. des grès tendres ferrugineux, très développés au Nord-Est, et se terminant en biseau au Sud-Ouest;
4. des calcaires zoogènes, formant trois barres principales, séparées par des schistes semblables à ceux à l'horizon 2. Épaisseur totale, environ 300^m.
5. des schistes argileux vert clair, épais de 200^m et incomplets.

Le terme 1 représente le Gothlandien, probablement complet en dépit de sa faible épaisseur. En effet, il m'a fourni dans divers gisements des Graptolites, étudiés par G. Waterlot : *Monograptus concinnus* Lapw., *M. gemmatus* Barr., du Llandovery moyen et supérieur; *M. riccartonensis* Lapw. du Wenlock inférieur; et des Trilobites et Brachiopodes qui, en Bohême, existent dans le niveau Ee 2 (équivalent du Ludlow) tels *Prœtus ryckholti* Barr., *Strophomena euglypha* Barr., etc.; ou le niveau Ff 1 (équivalent du Downton), comme *Spirifer inchoans* Barr. D'ailleurs les associations semblent montrer que ces

([1]) M. Gigout, *C. R. S., S. G. F.*, 1948, p. 155.
([2]) M. Gigout, *C. R. S., S. G. F.*, 1946, p. 121.

fossiles n'ont pas exactement la même valeur stratigraphique au Maroc et dans les pays classiques.

Les formations 2, 3 et 4 appartiennent au Dévonien inférieur (Coblencien), avec une faune uniforme, dont les éléments les plus représentatifs sont : *Odontochile spinifera* Barr.; *Asteropyge jonesi* Œhlert; *Grammysia hamiltonensis* de Vern.; *Pterinea pailletei* Œhlert; *Dalmanella circularis* Sow.; *Fascicostella gervillei* Defr.; *Hysterolites carinatus* Schnur.; *H. rousseaui* Rou.; *S. nerei* Barr.; *S. nereides* Kayser; *Rhynchonella eucharis* Barr.; *R. subwilsoni* d'Orb.; *Trigeria guerangeri* de Vern.

Les schistes 5 renferment des petites goniatites examinées par Mme G. Termier, et *Buchiola angulifera* Rœmer, qui indiquent le Dévonien supérieur (Famennien).

Ces faits permettent d'affirmer l'*absence de mouvements orogéniques calédoniens*, que l'on avait cru déceler dans cette portion de la Méseta marocaine. Ils établissent la lacune de l'Ordovicien supérieur, puis une sédimentation marine probablement ininterrompue jusqu'au Coblencien. Le Dévonien moyen est absent, tandis que les dépôts famenriens jalonnent le sillon de la Saoura, qui remontait jusqu'à Rabat ([3]).

Le synclinal de Foucauld a, en outre, l'avantage d'éclairer les problèmes posés par le Gothlandien et le Dévonien de Mechra ben Abbou, qui, par suite d'une tectonique complexe, sont d'une étude plus difficile.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la transformation du tryptophane sous l'action des tissus de Topinambour.* Note de Mlle **Zoya Kulescha**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons montré avec Gautheret que le tryptophane exerce sur les cultures de tissus végétaux une action semblable à celle provoquée par l'acide indole-acétique ([1]). Toutefois, son activité est environ 100 à 1 000 fois plus faible ; ce résultat suggère que les tissus de Topinambour transformeraient partiellement le tryptophane en acide indole-acétique.

Nous avons pensé qu'il serait possible de vérifier cette hypothèse en dosant les substances de croissance produites par des tissus cultivés en présence de tryptophane. Afin d'obtenir des résultats nets, nous avons travaillé sur des tissus prélevés sur des tubercules de Topinambour parvenus à maturité qui, comme nous l'avons montré, ne renferment sensiblement pas de substances de croissance ([2]).

([3]) G. Lecointre, *Mém. Soc. Sc. Nat.*, Maroc, 1926, p. 36.

([1]) Zoya Kulescha et R.-J. Gautheret, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 9 avril 1949.

([2]) Zoya Kulescha, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 26 mars 1949.

Ces tissus ont été cultivés sur des milieux liquides additionnés de diverses doses de tryptophane (*dl*), préparés en employant une méthode susceptible de préserver le tryptophane ([1]) de toute altération; nous dosions à intervalles réguliers les substances de croissance présentes dans les explantats ainsi cultivés.

Ces essais ont établi qu'en présence de tryptophane, les tissus produisent des substances de croissance. Cette production est progressive et atteint un maximum au bout de 14 à 20 jours selon la concentration de tryptophane contenu dans le milieu. Pour qu'elle puisse être décelée avec certitude, le milieu doit renfermer une dose de tryptophane au moins égale à 10^{-7} et dans ce cas la quantité de substances de croissance (exprimée en acide indole-acétique) contenue dans les tissus, atteint au bout de 21 jours une valeur de l'ordre de 10^{-8}. La production de substances de croissance est plus intense si l'on augmente la dose de tryptophane contenue dans le milieu. Si celui-ci renferme 0,1 % de tryptophane (10^{-3}), la quantité maximum de substance de croissance produite par les explantats atteint une valeur de 3.10^{-7} (exprimée en acide indole-acétique).

Nous avons en outre constaté que les milieux de culture demeurent constamment inactifs à l'égard du test Avoine. Les substances de croissance produites dans les tissus ne diffusent donc pas à l'extérieur, et d'autre part les explantats ne sécrètent dans le liquide environnant aucun facteur susceptible de provoquer la transformation du tryptophane.

Ces résultats peuvent s'interpréter en admettant que les tissus transforment partiellement le tryptophane en acide indole-acétique.

Toutefois cette explication n'est pas la seule qui puisse être considérée, car on peut imaginer également que le tryptophane subirait une dislocation susceptible de conduire à des substances différentes de l'acide indole-acétique et capables aussi d'agir sur le test Avoine.

Cette hypothèse est plausible car on sait ([3]) que dans les cellules animales et dans certains Champignons, le tryptophane se transforme en acide nicotinique. Cette transformation comporterait les étapes suivantes :

Tryptophane → Cynurénine → acide anthranilique → acide hydroxy-anthranilique → acide nicotinique.

Si l'on pouvait établir que l'un de ces produits de dégradation est actif sur le test Avoine, il serait permis d'imaginer que cette suite de réactions s'opère dans la cellule végétale. Nous avons donc entrepris une étude de ce genre. Elle nous a montré que ni l'acide nicotinique, ni l'acide anthranilique ne sont actifs sur le test Avoine. Nous ignorons l'activité de l'acide hydroxy-anthranilique

---

([3]) W. A. Krehl, P. S. Sarma et C. A. Elvehjem, *J. Biol. Chem.*, **162**, 1946, p. 403-411; F. Rosen, J. B. Huff et W. A. Perlzweig, *J. Biol. Chem.*, **163**, 1946, p. 343-344; G. W. Beadle, H. K. Mitchell et J. F. Nyc, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **33**, 1947, p. 155.

car nous n'avons pu nous en procurer; par contre la cynurénine provoque la courbure des coléoptiles d'Avoine. A première vue ce résultat peut faire penser que les cellules végétales ne transforment pas le tryptophane en acide indole-acétique, mais provoquent une dégradation passant par les intermédiaires qui viennent d'être mentionnés. Toutefois, cette hypothèse paraît peu vraisemblable pour les raisons suivantes : les tissus traités par une dose de tryptophane de l'ordre de 10^{-7} élaborent une quantité appréciable de substances de croissance; évaluée en acide indole-acétique, cette dose correspond à 10^{-8}, ce qui représente une transformation de 10 % du tryptophane. Évaluée en cynurénine, elle correspond à une concentration de 10^{-5}, c'est-à-dire 100 fois supérieure à celle du tryptophane.

Il nous paraît donc peu vraisemblable d'admettre que le tryptophane soit susceptible de se transformer au sein des tissus en cynurénine, puis de subir les autres phases de la dégradation dont nous avons parlé; cette conclusion est en accord avec celle formulée par Mlle Terroine [4] à la suite d'autres expériences.

Nous pensons donc que le tryptophane doit vraiment être transformé en acide indole-acétique par les tissus de Topinambour.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action mitoclasique de l'antipyrine.* Note de M. **Guy Deysson**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons indiqué, dans une Note antérieure [1] que l'antipyrine peut exercer, sur les cellules des méristèmes radiculaires de l'*Allium Cepa* L., dans des conditions différentes, deux actions distinctes, toutes deux parfaitement réversibles. La première est une action mitodépressive pure dont nous avons décrit les modalités et qui peut aller jusqu'à cessation de toute activité mitotique sans provoquer d'anomalies dans le déroulement des cinèses en cours. La seconde est une action mitoclasique typique dont la description fera l'objet de la présente Note.

Déjà, pour la concentration de 0,50 %, nous avions signalé la présence occasionnelle de quelques très rares anomalies mitotiques; des concentrations plus élevées nous ont permis d'assister au développement de cette action mitoclasique.

Concentration de 0,75 %. — Cette concentration inhibe complètement l'allongement des racines. Toute activité cinétique cesse rapidement; cependant, l'examen cytologique effectué au bout de 24 heures montre que cette disparition totale des cinèses a été précédée de certaines anomalies. Ainsi, on a observé dans un méristème 240 cellules binucléées et 54 cellules qui possèdent 3, 4 ou 5 noyaux de taille inégale et proviennent d'hémicinèses; un autre méristème possédait 270 cellules binucléées et 116 cellules provenant d'hémici-

---

(4) *Arch. Sci. Phys.*, **1**, 1947, p. 445-458.

(1) G. Deysson, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1047.

nèses. Notons incidemment que, parmi les cellules binucléées, 20 % seulement révèlent une orientation anormale de l'axe fusorial, ce qui confirme nos observations antérieures relatives à l'effet tropocinétisant (²).

Concentration de 1 %. — L'action mitodépressive est, ici, rapide et la disparition complète des cinèses s'effectue en 6 heures environ. Après 1 heure d'action, les anomalies mitotiques sont encore rares et consistent seulement en un certain nombre de cellules binucléées. Après 2 heures, la proportion des anomalies augmente légèrement (45 % des télophases sont dépourvues de phragmoplaste; quelques stathmométaphases apparaissent), cependant que l'index mitotique diminue. Après 4 heures, les cinèses sont assez peu nombreuses et représentées surtout par des télophases (73 % du premier méristème, 80 % du second); les anomalies consistent surtout en télophases sans phragmoplaste; on observe également quelques hémi et stathmocinèses typiques. Les cinèses disparaissent ensuite complètement, on n'observe plus qu'une soixantaine de télophases après 5 heures, plus qu'une dizaine après 6 heures, tandis que, dans ces préparations, le nombre des cellules binucléées varie de 60 à 100.

Dans tous les cas rapportés ci-dessus, le retour au fonctionnement normal du méristème est possible. Nous avons effectué des expériences de retour sur milieu privé d'antipyrine après 4, 8 et 24 heures de traitement; il se forme une intumescence annulaire nette, quoique peu marquée, à l'extrémité des racines, puis l'allongement de celles-ci reprend rapidement. On observe au bout de 24 heures de nombreuses cinèses, toutes normales, sauf, dans certains cas, quelques télophases dépourvues de phragmoplaste.

Concentration de 2 %. — Nous avons pu obtenir un effet stathmocinétisant total en traitant les racines pendant quelques heures par cette concentration; après 1 heure d'action, les métaphases sont déjà presque toutes des stathmocinèses; après 3 heures, l'index mitotique n'est pas modifié (77,6 et 78 ‰ contre 79,3 et 78,8 chez les témoins); les métaphases sont toutes des stathmocinèses ainsi qu'une partie des anaphases. Les valeurs numériques obtenues sont rapportées dans le tableau ci-dessous (T_1 et T_2 = racines témoins; A_1 et A_2 = racines traitées 3 heures par l'antipyrine à 2 %. Résultats rapportés à 100 cinèses).

	T_1.	T_2.	A_1.	A_2.
Prophases	47,5	51,2	49,7	49,3
Métaphases	20,7	17,7	24,1	25,6
normales	18,2	15,8	0	0
tropométaphases	2,5	1,9	0	0,2
stathmométaphases	0	0	24,1	25,4
Anaphases	11	11,3	15,1	11,3
normales	8,5	9,6	8,2	0,9
tropo-anaphases	2,5	1,7	2,5	2,1
hémi-anaphases	0	0	1,2	2,1
stathmo-anaphases	0	0	3,2	6,2
Télophases	20,8	19,8	11,1	13,8
normales	20,4	19,2	1,2	1,7
tropotélophases	0,4	0,6	0,2	0
sans phragmoplaste	0	0	9,7	12,1

Après 1h30min de traitement, le retour des racines sur milieu privé d'antipyrine est suivi d'une reprise de leur allongement; un examen pratiqué après 24 heures montre de

(²) G. Deysson, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 95, 1948, p. 206-211.

nombreuses cinèses normales, parmi lesquelles certaines sont nettement polyploïdes; on observe également des cellules allongées comprenant deux noyaux en mitose.

Après trois heures de traitement, les télophases sont souvent pycnotiques ainsi que certaines des cellules binucléées. Enfin, après 24 heures de traitement, les racines sont mortes; les noyaux présentent des signes nets de dégénérescence et l'on observe quelques restes de cinèses abortives.

Conclusion. — L'étude de l'action de l'antipyrine sur les mitoses des végétaux, en fonction de la concentration mise en œuvre, montre que ce corps se comporte d'abord comme un agent purement mitodépresseur, puis comme un agent mitoclasique qui paralyse le phragmoplaste, puis le fuseau. L'obtention d'un effet stathmocinétisant total est possible pour des concentrations élevées et une durée d'action de quelques heures; dans ces conditions, cette action est parfaitement réversible et permet d'observer la reprise des cinèses dans les cellules polyploïdes formées. Il s'agit donc, dans toutes ces expériences, d'une action pharmacodynamique, l'action toxique proprement dite ne se manifestant que pour des concentrations plus élevées ou des traitements de durée nettement plus longue.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur une série géographique d'espèces vicariantes de* Celtis *allant de la Chine du Sud : 1° à l'Afrique australe, 2° aux Philippines et à la Nouvelle-Guinée.* Note de M. **Jean-François Leroy**, présentée par M. Auguste Chevalier.

1. La série en question se compose des espèces suivantes :

Celtis similis Merr. et Perry (Nouvelle-Guinée) (1), *C. rubrovenia* Elm. (Philippines), *C. Biondii* Pamp. (Chine et Corée méridionales), *C. eriocarpa* Decsne (Himalaya), *C. rhamnifolia* Presl (Afrique),

J.-E. Planchon (1873) groupe les *Celtis* à styles entiers en deux sous-genres : *Euceltis*, *Sponioceltis*. *C. eriocarpa* et *C. Kraussiana* Bernh. (*C. rhamnifolia*), seules espèces de notre série connues de son temps, sont rangées dans le premier avec *C. australis* L., etc. Grave erreur, non rectifiée par les Auteurs. J. D. Hooker a bien noté au passage la ressemblance de *C. eriocarpa* et de *C. Kraussiana*, mais non leur originalité. Dans sa Flore il considère *C. eriocarpa* comme une variété de *C. australis* L. De même Ch. Bernard (1905), après avoir admis les étroites affinités de *C. Kraussiana* et *C. australis*, conclut tout naturellement « à la pénétration en Afrique d'un type purement méditerranéen ». Par contre l'étroite parenté *C. rubrovenia*-*C. similis* est mise en avant par Merrill et Perry (1941), mais sans en discuter les rapports avec les *Euceltis*. A. Rehder (1933), lui, a découvert les affinités de *C. cinnamomea* Lindl. et *C. Rockii*

(1) Un spécimen de cette espèce nous a été communiqué par Clarence E. Kobuski, Assistant Curator of the Arnold Arboretum, Harvard University.

A. Rehder. La première est l'espèce-type du sous-genre *Sponioceltis* Pl. et la seconde n'est autre qu'une forme très voisine de *C. Biondii*.

A la vérité l'originalité de ces espèces est à la fois discrète et indiscutable. (Sans le critère anatomique dont nous avons largement usé, notre conviction serait certainement beaucoup moins ferme.) Elles constituent un groupe de transition conduisant aux *Euceltis*. Voici, en bref, comment nous classons les *Celtis* à styles entiers :

Sect. *Euceltis* Pl. (Subg. *Euceltis* Pl. et *Sponioceltis* Pl.),
Subsect. *Cinnamomeæ* (subg. *Euceltis* pro parte et *Sponioceltis*).

A. *Celtis cinnamomea* (Indo-Malaisie); *C. trinervia* Lam. (Grandes Antilles, Guatémala).

B. *C. Biondii, C. rhamnifolia, C. rubrovenia,* etc.,
Subsect. *Caducifoliæ* (subg. *Euceltis pro parte*).

2. *Origine géographique et migrations.* — Pour plusieurs raisons nous considérons que la section des *Euceltis* a pour origine géographique le Sud-Est asiatique.

Notre série B est représentée là par un complexe de formes voisines que, pour simplifier, nous rangeons sous le binome *C. Biondii*.

Ces formes se manifestent un peu partout en Chine méridionale et centrale sur les pentes des montagnes, à basse altitude, mais pouvant monter jusqu'à 2000^{m}.

La dispersion s'est faite en deux directions principales : l'une vers l'Afrique par le Yunnan (*C. Biondii-Rockii*) et l'Himalaya (*C. eriocarpa*, entre 400 et 2000^{m}). En Arabie et en Afrique, jusqu'au Cap, nous trouvons une autre forme vicariante (*C. rhamnifolia*).

C'est généralement un petit arbre souvent buissonnant à feuilles semi-caduques des forêts mésophytiques. Il peut cependant atteindre et dépasser largement 20^{m}. Sa répartition altitudinale varie dans de larges limites depuis quelques centaines de mètres en Afrique du Sud jusqu'à 2300^{m} au Ruwenzori. On le rencontre dans les forêts humides de l'Angola vers 700-900^{m}, mais aussi sur les hauts plateaux de l'Oubangui, dans les galeries forestières. Une forme distincte, extrêmement proche [*C. rhamnifolia* var. *Stoltzii* (Mildbr), J. F. Leroy], a été récoltée au Nyassaland vers 900^{m}.

Les faits précédemment rapportés montrent que nous avons là un exemple de pénétration profonde en Afrique de l'élément forestier sino-malais et non pas méditerranéen, comme le pensait Ch. Bernard. Ce que A. Aubréville nomme la province forestière des montagnes africaines a peut-être reçu un apport asiatique tempéré-chaud moins pauvre en essences ligneuses qu'on ne le pense généralement. D'après les données géologiques et paléoclimatologiques dont nous disposons, et ce que nous savons, d'autre part, du peuplement en êtres vivants des hautes montagnes d'Afrique, il semble que la migration en cause ait pu se produire vers la fin de l'ère tertiaire et peut-être se poursuivre jusqu'au

début du Quaternaire à la faveur des vicissitudes climatiques. En d'autres termes et sans plus préciser, il s'agirait d'un apport plio-pléistocène.

Quant à la dispersion vers Luçon et la Nouvelle-Guinée, attestée par la présence dans chacune de ces îles d'une espèce endémique, il est bien hasardeux d'en juger dès maintenant, la prospection de l'Insulinde étant par trop incomplète. La migration n'a certes atteint la Nouvelle-Guinée qu'assez récemment, probablement au Plio-pléistocène, peut-être à la faveur de connexions territoriales directes avec les Philippines. Mais comment la série est-elle parvenue à Luçon? Directement du continent? Il faut alors remonter, pense-t-on, à la fin de l'Éocène. Il n'est pas sûr que les montagnes d'Indochine et de Bornéo ne livrent pas un jour, avec la clé du problème, une tout autre solution. La première hypothèse a cependant notre faveur et l'espèce des Philippines (plus primitive apparemment) nous apparaît comme une relique témoin du berceau sino-malais de la série, la migration vers la Nouvelle-Guinée étant nettement postérieure à la rupture Luçon-continent.

PHYTOCHIMIE. — *Vénéniférine et acétylnériifoline*. Note de M. **Marcel Frèrejacque** et Mme **Marguerite Durgeat**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été montré antérieurement ([1]) que l'on peut obtenir, à partir des graines de *Tanghinia venenifera*, quatre hétérosides digitaliques : *tanghinine*, *désacétyltanghinine*, *vénéniférine* et *tanghiférine*; il a été également signalé ([2]) que l'on peut extraire des fruits de *Thevetia neriifolia*, 2 hétérosides digitaliques : *nériifoline* et *acétylnériifoline*. L'analyse montre que la vénéniférine et la monoacétylnériifoline sont isomères et répondent toutes deux à la formule $C_{32}H_{48}O_9$; d'autre part, il a été établi dans des travaux antérieurs (*loc. cit.*) que la vénéniférine et l'acétylnériifoline sont toutes deux formées par l'union d'un acétylthévitose avec une génine en C_{23}. On pouvait alors, dans ces conditions, se demander si la vénéniférine n'était pas identique à l'acétylnériifoline.

Pour vérifier si cette hypothèse était exacte, nous avons déterminé le point de fusion et le pouvoir rotatoire de ces hétérosides et ceux de quelques-uns de leurs dérivés.

Nos mesures sont rassemblées dans le tableau ci-contre.

L'examen de ce tableau ne laisse guère de doute sur l'identité de la vénéniférine et de la monoacétylnériifoline. La concordance des pouvoirs rotatoires est excellente. Pour les points de fusion, les quelques divergences que l'on pourrait relever peuvent être attribuées à la difficulté de les prendre; mais il a

([1]) M. Frèrejacque et V. Hasenfratz, *Comptes rendus*, 222, 1946, 149 et 815; 223, 1946, p. 642.

([2]) M. Frèrejacque, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 645.

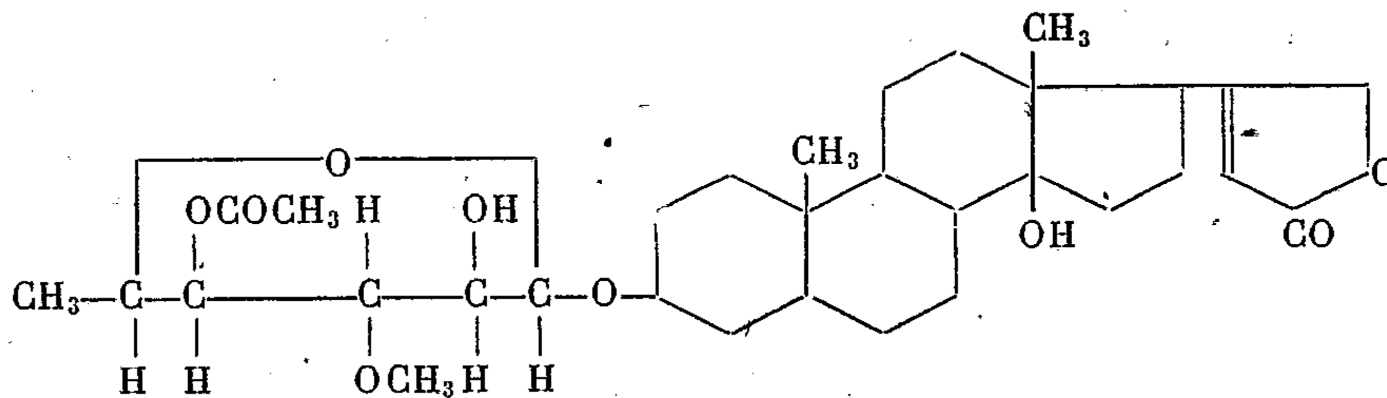
été vérifié sur les mélanges que l'on restait toujours entre les limites des points de fusion observées sur chacun des corps séparés.

	F.	$[\alpha]_D^{23}$.	
Acétylnériifoline	208°	−82°	(CH_3OH)
Nériifoline	208	−50	(CH_3OH)
Diacétylnériifoline	134	−80	(CH_3OH)
Isonériifoline	251	−72	($CHCl_3$)
Diacétylisonériifoline	222	−88	($CHCl_3$)
Dihydrodiacétylnériifoline	156	−82	(CH_3OH)
Dihydroacétylnériifoline	198	−87	(CH_3OH)
Vénéniférine	213	−79	(CH_3OH)
Desacétylvénéniférine	209	−52	(CH_3OH)
Acétylvénéniférine	138	−79,2	(CH_3OH)
Isodésacétylvénéniférine	243	−68	($CHCl_3$)
Diacétylisodesacétylvénéniférine	226	−88	($CHCl_3$)
Diacétyldihydrodesacétylvénéniférine	154	−83	(CH_3OH)
Dihydrovénéniférine	205	−86,7	(CH_3OH)

De plus nous avons signalé que la nériifoline avait la curieuse propriété de donner, avec le chloroforme, une combinaison peu soluble dans ce solvant, assez stable, contenant deux molécules de chloroforme pour une molécule de nériifoline; or nous avons observé parallèlement que la désacétylvénéniférine donne avec le chloroforme une combinaison contenant également deux molécules de solvant pour une molécule d'hétéroside; cette combinaison, qui contient 30 % de chloroforme est remarquablement stable à la température ordinaire.

Enfin la vénéniférine et la monoacétylnériifoline donnent des réactions colorées identiques, soit avec l'acide sulfurique seul, soit avec le réactif de Liebermann.

Comme la formule du thévétose est maintenant connue et que, d'autre part, H. Helfenberger et T. Reichstein (¹) viennent de montrer que la génine de la nériifoline est identique à la digitoxigénine, il en résulte que la formule de la vénéniférine est entièrement déterminée à l'exception de la place d'un groupe acétyle qui peut être substitué soit à l'un, soit à l'autre des deux groupes oxhydryles libres du thévétose. Dans la formule ci-dessous, le groupement acétyle a été placé arbitrairement sur l'un de ces hydroxyles.



(¹) *Helvetica chimica Acta*, 31, 1948, p. 2097.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Participation de l'acide métaphosphorique à la constitution des bactéries et des tissus animaux.* Note (*) de M. **Jean-Pierre Ebel** (1), transmise par M. André Boivin.

Dans une Note précédente (2) nous avons donné le principe d'une technique qui, par hydrolyse différentielle, permet de doser l'acide métaphosphorique, en évaluant le P non acidosoluble, non lipidique et non nucléique, rapidement libérable à l'hydrolyse acide. Appliquée à diverses levures industrielles et sauvages, cette technique a révélé, partout, la présence d'une quantité de P métaphosphorique s'élevant en moyenne à 20-25 % du P total des microorganismes (cultivés sur gélose au malt, non surchargée en phosphates).

Depuis lors, nous avons appliqué la méthode à diverses bactéries, cultivées sur gélose ordinaire (24 heures à 37°). Des germes comme le Colibacille et le Staphylocoque, chez lesquels on n'a jamais signalé de granulations métachromatiques, ne livrent à l'analyse aucune quantité appréciable d'acide métaphosphorique, aux erreurs d'expérience près (de l'ordre de 5 %). Le bacille du Charbon (*Bacillus anthracis*), chez lequel il a été signalé quelquefois la présence de rares granulations métachromatiques, montre, selon les souches et les récoltes, tantôt une absence totale d'acide métaphosphorique, tantôt la présence de quantités dépassant de bien peu les limites des erreurs d'expérience; il est bien difficile de conclure au sujet de cette bactérie.

Il faut arriver en réalité aux souches de bacille diphtérique (*Corynebacterium diphteriæ*), virulentes et isolées récemment de la gorge des malades, porteuses de nombreuses granulations métachromatiques, pour retrouver des chiffres d'acide métaphosphorique comparables à ceux des levures. Ces souches, traitées par HCl N à 60° pendant 7 minutes, perdent leurs granulations métachromatiques et corrélativement leur acide métaphosphorique. D'autre part, lorsque, abandonnant la gélose sérum pour la gélose ordinaire, on aboutit à un abâtardissement des souches, les granulations métachromatiques disparaissent rapidement, ainsi que l'acide métaphosphorique (3). Il n'est donc pas douteux qu'une corrélation flagrante existe, chez le bacille diphtérique, entre granulations chromophiles et acide métaphosphorique. De là à admettre que l'acide métaphosphorique est le constituant fondamental des granulations (comme pour les grains de volutine de la levure), il n'y a qu'un pas à franchir, auquel on ne peut guère se refuser.

Il nous reste à étudier d'autres bactéries, présentant dans leur structure des

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) Avec l'assistance technique de Mlle Knobloch.

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2184.

(3) R. Minck et A. Minck ont bien voulu se charger de l'étude bactériologique et cytologique de toutes nos souches de bacille diphtérique.

éléments chromophiles cytoplasmiques, comme, par exemple, les *Pasteurella*, en forme de navette et aux extrémités bien plus colorables que le centre. S'agit-il d'acide métaphosphorique? Des expériences ultérieures le diront.

La même technique, appliquée à divers tissus animaux, n'a révélé aucune trace d'acide métaphosphorique. Schmidt, Hecht et Thannhauser ([4]) avaient déjà signalé le fait, l'établissant par une technique toute autre. A nos yeux, l'intérêt essentiel de nos résultats est de montrer l'équivalence des techniques, pourtant différentes, utilisées d'une part par les auteurs américains, d'autre part par nous-même.

Ainsi l'acide métaphosphorique se rencontre chez certaines moisissures (*Aspergillus*), chez toutes les levures et chez quelques bactéries à granulations métachromatiques. Ce corps à P labile, fort probablement porteur d'une importante réserve d'*énergie libre* au bénéfice des processus chimiques de synthèse (Lipmann), ne se rencontre donc que chez certaines cellules spéciales, comme il en va pour les phosphagènes des muscles et des nerfs et pour le phosphate d'acétyle de certaines bactéries. Tous ces corps n'ont rien de la remarquable ubiquité des polyphosphoadénosines (ATP et ADP), qui se rencontrent dans toutes les cellules animales, végétales et bactériennes. Cela n'enlève rien à l'intérêt qui s'attache à la signification et au métabolisme de l'acide métaphosphorique. On doit se demander si, chez les bactéries comme chez les levures (Brachet et son école, Wiame en particulier), granulations métachromatiques et acide métaphosphorique sont susceptibles de subir d'énormes variations parallèles, selon la richesse du milieu en phosphates et l'activité métabolique des cellules. Les expériences déjà en cours nous renseigneront bientôt à ce sujet.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la constitution du bacille diphtérique : appareil nucléaire et granulations métachromatiques*. Note (*) de M. **Raymond Minck** et Mme **Andrée Minck** ([1]), présentée par M. André Boivin.

Dans une Note précédente ([2]), M. Ebel, du département chimique du même laboratoire, vient d'établir, par des analyses précises, la corrélation régulière existant, chez le bacille diphtérique, entre la présence de granulations métachromatiques et l'existence de quantités importantes d'acide métaphosphorique. Cela nous a incités, parallèlement, à reprendre l'étude de toute la question de la cytologie du bacille diphtérique.

([4]) *Journ. Biol. Chem.*, 166, 1946, p. 775.

(*) Séance du 4 avril 1949.

([1]) Avec l'assistance technique de Mme Leplingard.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1262.

L'appareil nucléaire du bacille diphtérique a déjà été vu par application des méthodes classiques et décrit par Tulasne et Vendrely ([3]), puis par Peschkov et Nechotenova ([4]), sans oublier Bisset ([5]) qui, chose curieuse, paraît tout ignorer de ses devanciers.

Il est remarquable par son polymorphisme : selon les souches, les conditions et l'âge des cultures, on peut voir dominer tantôt des formes allongées à noyau unique, lui-même allongé (l'ensemble, à la taille près, simulant une fibre lisse), tantôt voir dominer des éléments en massue (*Corynebacterium*), porteurs de multiples noyaux aplatis dans le sens de la longueur et se tassant les uns à la suite des autres le long de la massue. Nous avons retrouvé de pareilles images, tant chez des souches à granulations, que chez des souches dépourvues de granulations; il n'est pas douteux que noyau et granulations métachromatiques n'ont rien de commun.

Les granulations métachromatiques sont connues depuis les premiers jours de la bactériologie, lorsqu'on n'avait encore aucune idée sur la présence possible d'un noyau. Le plus souvent, situées aux extrémités des germes, elles n'ont rien de la position, de la forme et des affinités tinctoriales du noyau. Elles disparaissent par action de ClH chaud, ce qui n'a rien d'étonnant, puisque ce réactif décompose l'acide métaphosphorique. Mais, chose inattendue, elles ne résistent pas à l'action de la ribonucléase, ce qui achève de les distinguer des noyaux. Ce comportement demande une explication; disons immédiatement dans quelle direction nous pensons pouvoir la trouver.

Le cytoplasme des cellules supérieures, végétales et animales, est bourré d'organites : microsomes de Claude, mitochondries, plastes, dans lesquels, à tort selon nous, on a voulu voir parfois des mitochondries évoluées. Tous ces organites sont riches en acide ribonucléique, qu'ils perdent aisément par la ribonucléase. Ainsi en va-t-il des chloroplastes chargés de chlorophylle, des chromoplastes chargés de carotinoïdes, etc. Ne peut-on imaginer, par analogie, la présence, chez certaines bactéries, de condensations cytoplasmiques riches également en acide ribonucléique, qui porteraient en même temps de l'acide métaphosphorique (granulations métachromatiques)? De fait, chez les levures, la participation de l'acide ribonucléique à la constitution des grains de volutine (granulations métachromatiques) a été souvent admise autrefois. Si cette conception répond à la réalité, l'élimination enzymatique de l'acide ribonucléique doit pouvoir, en amenant la désagrégaiion du substratum, provoquer la dispersion de l'acide métaphosphorique surajouté ([6]).

([3]) *Nature*, 160, 1947, p. 225.

([4]) *Mikrobiologia*, 3, 1948, p. 229 (en russe).

([5]) *Journ. gen. Microbiol.*, 3, 1948, p. 264.

([6]) Une analogie extrêmement intéressante peut être trouvée dans une autre publication récente du laboratoire (Mme C. Vendrely-Randavel, *Comptes rendus*, 228, 1949). Avant

D'autres formes à colorabilité inégale seront à étudier de même. Nous pensons spécialement aux *Pasteurella* en navette, avec leurs deux extrémités bien plus colorables que le centre. Le noyau de ces bactéries a déjà été vu et ne paraît rien présenter de commun avec les deux pôles chromophiles. Ceux-ci sont-ils constitués également par un substratum ribonucléique surchargé d'acide métaphosphorique? Les analyses chimiques et les études cytologiques que nous nous proposons d'entreprendre prochainement, dans une étroite collaboration entre les deux départements de notre laboratoire, ne manqueront pas d'apporter quelque lumière sur ce point.

MÉDECINE. — *L'hypertonie des capillaires veineux, nouvel élément du syndrome inflammatoire.* Note de MM. **J.-Adams Ray** et **S. Hagberg**, présentée par M. René Leriche.

Le symptôme pâleur, assez constant après les traumatismes et au début des infections, a été étudié avec un réflectomètre permettant une représentation objective de l'intensité de l'élément rouge dans la teinte de la peau. Des rayons lumineux de deux longueurs d'onde différentes étaient projetés sur le territoire cutané à examiner et l'on cherchait avec des appareils précis l'intensité de la lumière réfléchie.

Dans 56 cas choisis d'après la date du traumatisme ou les premiers signes d'infection, le symptôme pâleur existait dans 47 cas, soit dans 83,9 %.

Dans 4 cas (soit 7,1 %) le symptôme existait peut-être.

Dans 5 cas (soit 8,9 %) il n'existait pas. Dans le groupe des cas non infectés, le nombre des constatations positives est plus grand que dans le groupe des cas infectés.

La pâleur paraît, dans ces conditions, l'expression d'une réduction de circulation dans les capillaires et les plexus veineux, spécialement sous papillaires.

Cette circulation réduite ne peut pas être due à un œdème intradermique ou sous-cutané. Pour rechercher l'influence d'un œdème sous-cutané sur la coloration de la peau, on fit à 5 personnes une injection sous-cutanée de sérum salé isotonique. Cela n'eut aucune influence sur la coloration. Et par ailleurs, dans aucun des 56 cas, ni l'inspection ni la palpation ne purent déceler aux points de mesure un œdème intradermique ou sous-cutané.

---

action de la ribonucléase, les microsomes de Claude et les mitochondries sont également sidérophiles. Après action de l'enzyme, les premiers organites perdent leur sidérophilie, alors que les seconds gardent la leur. Certainement, entrent en jeu des différences dans les squelettes protéiques de ces organites; que ces squelettes se trouvent dispersés sous l'action de l'enzyme enlevant l'acide ribonucléique, et toute sidérophilie est supprimée; qu'au contraire ces squelettes persistent, en conservant la forme caractéristique des organites et ces derniers gardent leur sidérophilie (coloration à l'hématoxyline au fer de Heidenhain).

La circulation réduite dans les capillaires veineux doit dans ces conditions être attribuée, presque certainement, à une augmentation du tonus dans la zone vasculaire indiquée.

Afin de chercher la cause de cette hypertonie dans les capillaires veineux, une infiltration annulaire de la base du doigt fut faite dans 5 cas de lésions de l'extrémité digitale avec de la xylocaïne à 2 % sans adrénaline, puis des mesures furent faites en des points qui présentaient de la pâleur et qui se trouvaient à distance du doigt atteint. Dans 4 cas, la pâleur disparut complètement. Dans un autre la pâleur, mesurée au bout de 4 minutes, diminua et au bout de 5 minutes, elle disparut complètement.

Dans un cas, l'hypertonie distale des capillaires cessa après une infiltration proximale. Dans tous les autres cas, l'anesthésie des nerfs venant de la zone malade fit cesser l'hypertonie capillaire dans des zones non innervées par les nerfs bloqués. Cet effet dépend donc de l'interruption des influx centripètes. Il semble qu'il soit la traduction d'un réflexe où le sympathique se comporte comme un nerf efférent.

Les substances vasodilatatrices produites par l'anoxie et par la chaleur sèche réduisent momentanément l'hypertonie qui reparaît rapidement.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur la proposition de son Bureau, l'Académie adopte à l'unanimité le vœu suivant qui sera transmis au Gouvernement :

L'Académie des sciences,

informée de la mise en doute, en certains milieux, de l'utilité des dépenses engagées pour les recherches relatives à l'énergie atomique en France,

considérant que c'est en France :

que la radioactivité a été découverte par Henri Becquerel,

que le radium a été découvert et ses propriétés mises en lumière par Pierre et Marie Curie,

que Jean Perrin a donné la preuve expérimentale de la réalité des atomes,

que la radioactivité artificielle a été réalisée par le savant auquel est confiée, aujourd'hui, la direction des recherches atomiques,

que ce savant, avec deux collaborateurs, a réussi, en 1939, les premières expériences qui plaçaient le pays en tête des nations s'occupant de l'énergie atomique, lorsque l'occupation allemande est venue interrompre leurs travaux,

que l'effort fait depuis la libération pour permettre à la France d'occuper une position digne de sa tradition scientifique et convenable à ses intérêts, dans le domaine de la physique nucléaire et de l'énergie atomique, a abouti, dans les délais prévus, à la réalisation d'une pile atomique ;

que la poursuite de cet effort présente une très grande importance pour l'avenir scientifique et économique de la France,

que le fait qu'il ne peut pas atteindre la même ampleur qu'en d'autres pays ne doit pas être considéré comme une objection, l'importance des découvertes n'étant pas toujours en rapport avec celle des moyens mis en œuvre,

qu'une réduction des crédits demandés par le Commissariat à l'énergie atomique compromettrait gravement le développement de l'énergie atomique en France, tout retard pouvant être extrêmemeut préjudiciable parce qu'il placerait définitivement la France dans une situation inférieure,

émet le vœu :

que l'effort maximum soit fait pour donner au Commissariat de l'énergie atomique les moyens qui lui sont nécessaires, pour la réalisation au rythme prévu de la deuxième pile et du centre nucléaire de Saclay.

La séance est levée à 16h15m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1949.

Masters Memorial Lectures, 1948. *Nutrition problems of horticultural Plants, with special Reference to trace elements*, by T. WALLACE. Part. I. Extrait de *The Journal of the Royal Horticultural Society*, Vol. LXXIII, Parts 11 and 12, 1948; London, 1 fasc. 25cm.

A Clairaut. Théorie de la figure de la Terre tirée des principes de l'hydrostatique. Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1947; 1 vol. 23cm (en langue russe).

Gaspard Monge. Géométrie descriptive. Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1947; 1 vol. 23cm (en langue russe).

Isaac Newton, par S. I. VAVILOV. Seconde édition. Moscou-Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. R. S., 1945; 1 vol. 20cm,5 (en langue russe).

Ivan Petrovitch Pavlov, par E. A. ASRATIAN. Moscou, Académie des sciences de l'U. R. R. S., 1946; 1 fasc. 20cm (en langue russe).

Biographie de l'académicien Pavlov, par K. S. KOCHATOIANZ. Moscou-Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. R. S., 1947; 1 fasc. 23cm (en langue russe).

Gaspard Monge, par V. I. SMIRNOVA. Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. R. S., 1947; 1 fasc. 22cm (en langue russe).

Experimental Researches in Electricity, by MICHAEL FARADAY. Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. R. S., 1947; 1 vol. 23cm (en langue russe).

Mécanique de Leonard de Vinci, par M. A. GOUKOVSKI. Moscou-Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. R. S., 1947; 1 vol. 23cm (en langue russe).

Institut royal colonial belge. Section des sciences naturelles et médicales. *Mémoires.* T. XVIII. Fasc. I et II. *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale.* XIV.

Sur des représentants des genres : *Alangium, Anacardium, Semecarpus, Bœrhaavia, Brucea, Bryophyllum, Calotropis, Carpolobia, Commiphora, Diospyros, Dipterocarpus, Callophyllum, Clusia, Symphonioa, Lophira, Parinarium.* — XV. Sur des espèces de genres : *Adenia, Anagallis, Cedrus, Celastrus, Cyathula, Dieffenbachia, Bambusa, Eleusina, Icica, Leonotis, Abutilon, Hibiscus, Phytolacca, Psorospermum, Rhizophora, Striga* et *Treculia,* par ÉMILE DE WILDEMANN, avec la collaboration de L. PYNAERT. Bruxelles, Librairie Falk fils, 1949; 2 fasc. 24^{cm}.

La maladie cette grande inconnue, par AUGUSTE LUMIÈRE. Paris, Albin Michel, 1949; 1 vol. 19^{cm}.

Nuclear Forces, by L. ROSENFELD, in *Monographs on Theoretical and Applied Physics.* Vol. I. Fasc. I. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1948; 1 vol. 26^{cm}.

Thermocinétique, par PIERRE VERNOTTE, in *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air,* n° 224. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'Aéronautique, 1949; 1 vol. 27^{cm}.

Collections de monographies sur la théorie des fonctions. Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique enseignées à l'Université Harvard, par ARNAUD DENJOY. Quatrième partie. *Les totalisations. Solution du problème de Fourier.* Premier fascicule : *Les totalisations.* Deuxième fascicule : *Appendice et Tables générales.* Paris, Gauthier-Villars, 1949; 2 vol. 25^{cm}.

Que sais-je? La génétique des sols, par ALBERT DEMOLON. Paris, Presses Universitaires de France, 1949; 1 vol. 17^{cm},5.

Bibliothèque de philosophie scientifique. La vie végétale. La dynamique de la vie, par RENÉ SOUÈGES. Paris, Flammarion, 1949; 1 vol. 19^{cm},5.

Reproduction des mammifères domestiques. Sexualité, par G. LESBOUYRIES. Paris, Vigot frères, 1949; 1 vol. 27^{cm}.

Haut Commissariat de Madagascar et Dépendances. *Recherches géologiques à Madagascar.* Deuxième suite. *L'Extrême Sud et le Sud-Sud-Est.* Premier et deuxième volumes, par HENRI BESAIRIE, Tananarive, Bureau géologique, 1948; 2 vol. 30^{cm}.

Tellus. Vol. I, number 1, february 1949. Stockholm, 1949; 1 vol. 25^{cm}.

Acta phytogeographica Suecica. Utbredningstyper *bland nordiska barrträdslavar.* Akademisk avhandling, av STEN AHLNER. Uppsala, Almqvist et Wiksells boktryckeri AB, 1948; 1 vol. 27^{cm}.

Aero-otitis media and aerosinusitis. Experimental histo-pathological changes due to oxygen deficiency and oxygen poisoning, by GUNNAR K : SON ASCHAN. Uppsala, 1948; 1 vol. 24^{cm},5.

The face in profilean anthropological X-Ray investigation on swedisch children and conscripts, by ARNE BJÖRK. Lund Berlingska boktrycheriet, 1947; 1 vol. 23^{cm}.

Therapeutical investigations on induced cancer in mice, by SVAUTE BURSELL. Uppsala, Läkareforenings förhandlingar, 1948; 1 fasc. 23^{cm}.

Studien über das integument der Selenogastren nebst bemerkungen über die verwandtschaft zwischen den solenogastren und placophoren, von SIGURD HOFFMAN. Uppsala, Appelbergs Boktryckeriaktiebolag, 1947; 1 fasc. 26^{cm},5.

On certain integral and harmonic functions a study in minimum modulus, by BO KJELLBERG. Uppsala, Appelbergs Boktrickeriaktiebolag, 1948; 1 fasc. 26^{cm},5.

A Theoretical investigation into some properties of ionic crystals, par PER-OLOV LÖWDIN. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktrycheri AB, 1948; 1 fasc. 24^{cm},5.

Tooth size and occlusion in twins, by ANDERS LUNDSTRÖM Bâle, New-York, S. Karger, 1948; 1 vol. 22^{cm},5.

Structure of the muonionalusta iron meteorite and a method of determining the orien-

tation of Lamellæ of octahedrites, by DAVID MALMQVIST. Extrait du *Bull. of the geol. Instit. of Upsala*. Vol. XXXII. Uppsala, Almqvist et Wiksells Botryckeri, AB, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Anæmia problems in Rheumatoid arthritis, by FRIED NILSSON. Uppsala, Appelberg Boktryckeriaktiebolag, 1948; 1 vol. 24cm,5.

Acta physiologica scandinavica. Vol. XV. Supp. 51. *Studies on the Kinetics of the Parietal secretion of the stomach*, by KARL JOHAN ÖBRINK. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktrykeri AB, 1948; 1 vol. 23cm.

Final results of osteosynthesis of fractures of the femoral neck ad modum sven Johansson, a study of a Ten-Year material, by GUNNAR ODÉN. Göteborg, 1947; 1 vol. 23cm.

Environmental requirements of fresh-water Plankton Algæ, by WILHELM RODHE. Uppsala A. B. Lundequistska Bokhandeln, 1948; 1 vol. 25cm,5.

Ultraviolet irradiation with artificial illumination a technical, physiological and hygienic study, by HANS E. MONGE. Uppsala, 1948; 1 vol. 24cm.

Acta phytogeographica Suecica. 21. *Myrvegetation i Bergslagen*, av HUGO SJÖRS. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri AB, 1948; 1 vol. 27cm.

Acta chirurgica Scandinavica. Vol. XCVI. Supp. 139. *Dupuytren's contraction with special reference to ætiology and improved surgical treatment its occurence in epileptics. Note on Knuchle-Pads*, by TORD SKOOG. Uppsala, 1948; 1 vol. 23cm,5.

Zoologiska bidrag fran Uppsala. Band 28. *A Taxonomical study of the naididæ*, by CHRISTINA SPERBER. Uppsala, Almqvist et Wiksells Boktryckeri AB, 1948; 1 vol. 26cm.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XVI, 1923, n° 1 : *La Theilériose bovine en Algérie*, par ANDRÉ DONATIEN, EDMOND PLANTUREUX, P. ROSSI, G. ESPÉRANDIEU. — T. XXIV, 1931, n° 5 : *Présence d'*Ægyptianella pullorum *chez les poules en* Algérie, par ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD. — T. XXVII, 1934, n° 7 : *Purification d'une souche de* Theiléria dispar *contaminée par* Anaplasma marginale et *Traitement curatif de la piroplasmose de la poule a* Ægyptianella pullorum, par ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD. Paris, Masson; 4 fasc. 24cm.

Comptes rendus des séances de la Société de biologie. T. C, 1929 : *Modifications de la formule leucocytaire chez les bovins infectés de Theilériose ou d'anaplasmose expérimentale*, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQUART, A. CHARPIN; T. CII, 1929. *Identification de* Theileria mutans *dans la Chalosse*, par ANDRÉ DONATIEN, L. BARADAT; 2 feuilles 24cm.

Annales de l'Institut Pasteur. T. CVII, 1936 : *Étude morphologique du cycle évolutif de* Theileria dispar *chez le bœuf et chez la tique*, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQUARD. Paris, Masson ; 1 fasc. 24cm.

Les Theilérioses, par ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD. Toulouse, Imprimerie Lion et fils, 1931; 1 fasc. 24cm,5.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. V. Fasc. II, 1927: *Les Theilérioses bovines. Étude comparative de* Theileria parva *de l'Afrique du Nord et de* Theileria dispar *de l'Afrique du Nord*, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQUARD, EDMOND PLANTUREUX; — T. XIII, n° 4, 1935 : *Theilérioses bovines de l'Afrique du Nord et du Proche-Orient*, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQNARD; T. XIV, n° 3, 1936 : *Cycle évolutif de* Theileria dispar *du bœuf chez la tique* Hyalomma mauritanieum, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQUARD; — T. XV, n° 1, 1937 : *Nouvelles expériences de comparaison entre les théilérioses bovines de l'Afrique du Nord et celles du Proche-Orient*, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQUARD; — T. XVI, n° 2, 1939 : *Parenté des theilérioses bovines*

iranienne et algérienne démontrée par l'épreuve des prémunitions croisées, et *Prémunition antitheilérique conférée par inoculation de sang de vertébré infecté ou par piqûre de tiques infectées,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, L. Delpy; 6 fasc. 24^{cm}.

Recueil de médecine vétérinaire de l'École d'Alfort. T. CII, 1926, n° 14: *Observations sur le virus claveleux,* par J. Bridré, André Donatien, Félix Lestoquard. Paris, Vigot; 1 fasc. 24^{cm},5.

Le virus claveleux, par André Donatien, Félix Lestoquard. Extrait du volume des *Rapports.* Athènes, Imprimerie Eleftheroudakis, 1936; 1 fasc. 24^{cm}.

Annales de l'Institut Pasteur. T. XXXV, 1921: *Vaccine et clavelée,* par J. Bridré, André Donatien. Paris, Masson; 1 fasc. 24^{cm}.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. X, n° 3, 1932: *Essai de vaccination anticlaveleuse en France,* par André Donatien, Félix Lestoquard, H. Lafenêtre; — T. XIX, n° 2, 1941: *Pouvoir antigénique de divers virus claveleux,* par André Donatien, Félix Lestoquard; — T. XXV, n° 1, 1947: *Les varioles animates en Algérie,* par André Donatien, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux, G. Gayot; 4 fasc. 24^{cm}.

Comptes rendus des séances de la Société de biologie. T. XCV, 1926: *De la virulence de certains tissus chez les moutons producteurs de virus claveleux,* par J. Bridré, André Donatien, Félix Lestoquard; — T. CIV, 1930: *Recherches sur l'unicité du virus claveleux,* par André Donatien, Félix Lestoquard; — T. CX, 1932: *Recherches expérimentales sur le virus claveleux. Association d'un virus fort et d'un virus faible,* par André Donatien, Félix Lestoquard; — T. CXII, 1933: *Contrôle de l'immunité anticlaveleuse par intradermo-réaction,* par André Donatien, Félix Lestoquard; 4 fasc. 24^{cm}.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XVII, n° 4, 1924: *Inoculation au mouton de l'anaplasme du bœuf,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux, P. Rougebief. Paris, Masson; 1 fasc. 24^{cm},5.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. XI, n° 4, 1933: *L'anaplasmose bovine à anaplasma centrale,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard; 1 fasc. 24^{cm}.

(à suivre).

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 21 mars 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Maurice Veyrac,* Sur un système inédit de calendrier perpétuel conservant la continuité des semaines :

Page 977, 7e ligne, *au lieu de* (datée du 31 juin au 37 juillet), *lire* (datée du 31 au 37 juillet).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 20 AVRIL 1949.

PRÉSIDENCE DE M. ÉLIE CARTAN.

CORRESPONDANCE.

M. **Georges Deflandre** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Gustave Roussy*.

L'**Association française de Normalisation** demande l'avis de l'Académie sur l'unité de pénicilline et les méthodes de détermination de la valeur énergétique des aliments.

(Renvoi à la Section de médecine et chirurgie.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Celia Brunel-Noble. *The Brunels, father and son.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorie générale des sommes continues d'espaces de Banach.* Note (*) de M. **Roger Godement**, présentée par M. Élie Cartan.

1\. Soit Ω un *espace topologique localement compact,* à chaque point ζ duquel est attaché un *espace de Banach* $\mathcal{H}(\zeta)$. On appelle *champ de vecteurs* toute fonction x définie sur Ω et dont la valeur en $\zeta \in \Omega$ est un $x(\zeta) \in \mathcal{H}(\zeta)$; ces champs de vecteurs forment un espace vectoriel $\mathcal{F}$.

Nous supposerons donnée à l'avance une partie Λ de $\mathcal{F}$ vérifiant ceci : (Λ_1) — Λ *est un sous-espace vectoriel de* $\mathcal{F}$; (Λ_2) — *pour* $x \in \Lambda$, $\|x(\zeta)\|$ *est une fonction continue sur* Ω; (Λ_3) — *pour* $\zeta \in \Omega$, *les* $x(\zeta)$, $(x \in \Lambda)$, *sont partout denses dans* $\mathcal{H}(\zeta)$.

Ceci étant, on dira qu'un $x \in \mathcal{F}$ est *continu* (¹) *au point* $\zeta_0 \in \Omega$ si, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un *voisinage* V de ζ_0 dans Ω et un $y \in \Lambda$ tels que $\zeta \in V$ implique $\|x(\zeta) - y(\zeta)\| < \varepsilon$. L'ensemble $\mathcal{C}$ des champs de vecteurs continus

---

(*) Séance du 4 avril 1949.

(¹) Cette notion est évidemment relative à la famille Λ.

est un sous-espace de $\mathcal{F}$, fermé pour la topologie de la convergence uniforme; c'est même un module sur l'anneau des fonctions continues scalaires. Il existe toujours un $x \in \mathcal{C}$ qui prend des valeurs arbitraires en des points $\zeta_1, \ldots, \zeta_n$ arbitrairement donnés. Tout $x \in \mathcal{C}$ est limite uniforme sur tout compact de champs de la forme $\Sigma \varphi_i x_i (x_i \in \Lambda$; φ_i : fonctions scalaires continues). Si, pour $x_1, \ldots, x_n \in \mathcal{C}$, les $x_i(\zeta)$ sont linéairement indépendants en ζ_0, ils le sont aussi au voisinage de ζ_0.

2. Citons, entre beaucoup d'autres ([2]), l'exemple suivant. Soit $\mathcal{A}$ une *algèbre normée complète avec unité*, munie d'une *involution* vérifiant $\|x\| = \|x^*\|$. Soit Ω l'ensemble des formes linéaires continues $\zeta(x)$ définies sur $\mathcal{A}$ et vérifiant $\zeta(x^*x) \geqq 0$, $\zeta(e) = 1$. Muni de la topologie faible habituelle, Ω est *compact*. On sait ([3]) par ailleurs que tout $\zeta \in \Omega$ définit un espace de Hilbert $\mathcal{H}(\zeta)$, une application linéaire $x \rightarrow x(\zeta)$ de $\mathcal{A}$ sur un sous-espace partout dense de $\mathcal{H}(\zeta)$, et une représentation unitaire $x \rightarrow U_{\zeta,x}$ de $\mathcal{A}$ dans $\mathcal{H}(\zeta)$ tels que l'on ait

$$\zeta(y^*x) = < x(\zeta), y(\zeta) >; \qquad U_{\zeta,x} y(\zeta) = xy(\zeta).$$

Les champs de vecteurs $x(\zeta)$ $(x \in \mathcal{A})$ vérifient trivialement (Λ_1), (Λ_2), (Λ_3). Pour $x_1, \ldots, x_n$ donnés, le déterminant de Gram des $< x_i(\zeta), x_j(\zeta) >$ est donc fonction *continue* de $\zeta \in \Omega$; ceci et le théorème de Burnside prouvent immédiatement que : *pour $n < +\infty$ donné, les $\zeta \in \Omega$ pour lesquels la représentation unitaire correspondante est irréductible et de dimension n, forment un ensemble localement compact dans Ω.*

3. Revenons au paragraphe 1, et soit μ une mesure de Radon ([4]) positive sur Ω. Pour $1 \leqq p < +\infty$, soit $\mathcal{F}^p$ le sous-espace de $\mathcal{F}$ sur lequel

$$N_p(x) = \left\{ \overline{\int} \| x(\zeta) \|^p \, d\mu(\zeta) \right\}^{\frac{1}{p}} < +\infty;$$

soient $\mathcal{N}$ le sous-espace de $\mathcal{F}^p$ défini par $N_p(x) = 0$, F^p l'espace quotient $\mathcal{F}^p / \mathcal{N}$, $x \rightarrow \dot{x}$ l'application canonique de $\mathcal{F}^p$ sur F^p. Muni de la norme $\|\dot{x}\|_p = N_p(x)$, F^p est un espace *complet*. On dit qu'un x est *de puissance $p^{\text{ième}}$ sommable* s'il est adhérent, au sens de $N_p(x)$, au sous-espace $\mathcal{L} \subset \mathcal{F}^p$ des $x \in \mathcal{C}$ nuls en dehors de compacts. Ces x forment un sous-espace $\mathcal{L}^p$; $L^p = \mathcal{L}^p / \mathcal{N}$ est *complet*.

([2]) Lorsque les $\mathcal{H}(\zeta)$ sont isomorphes à un même espace $\mathcal{H}$, on peut prendre pour Λ l'ensemble des fonctions *constantes* à valeurs dans $\mathcal{H}$; la signification de $\mathcal{C}$ est alors évidente.

([3]) I. E. SEGAL, *Bull. Am. Math. Soc.*, 53, 1947, p. 73-88; I. GELFAND et M. NEUMARK, *Izvestiya Akad. Nauk SSSR, Ser. Mat.*, 12, 1948, p. 445-480.

([4]) Les résultats de ce paragraphe reposent sur les travaux non publiés de N. Bourbaki, dont les méthodes s'appliquent sans la moindre modification aux champs de vecteurs. *Voir* aussi des Notes de M. H. Stone dans les *Proc. Nat. Ac. Sc.* de 1948. Le symbole $\overline{\int}$ désigne l'intégrale supérieure habituelle. *Voir* H. CARTAN, *Bull. Soc. Math. France*, 69, 1941, p. 71-96.

Tous les théorèmes classiques de l'intégration sont valables ici, en particulier : le théorème de Lebesgue sur les suites majorées dans $\mathcal{L}^p$; la relation entre $\mathcal{L}^p$ et $\mathcal{L}^1$ ($x \in \mathcal{L}^p \Leftrightarrow \|x\|^{p-1} x \in \mathcal{L}^1$); le théorème de Lusin sur la relation entre éléments de $\mathcal{L}^p$ et champs de vecteurs continus. Ceci permet de plus de définir les champs de vecteurs *mesurables*, et de démontrer les critères classiques de sommabilité.

Lorsque les $\mathcal{H}(\zeta)$ sont des *espaces de Hilbert*, L^p est uniformément convexe ($1 < p < +\infty$); pour $1 \leq p < +\infty$, le dual de L^p est L^q ($1/p + 1/q = 1$), le produit scalaire étant

$$< \dot{x}, \dot{y} > = \int < x(\zeta), y(\zeta) > d\mu(\zeta) \qquad (x \in \mathcal{L}^p,\ y \in \mathcal{L}^q);$$

en particulier, L^2 est un espace de Hilbert ([5]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de fonctions non monogènes de deux variables complexes.* Note de M. **Miron Nicolesco**, présentée par M. Paul Montel.

Voici un point de vue nouveau grâce auquel on peut obtenir, pour les fonctions de deux variables complexes, une extension de la notion de monogénéité qui conserve les traits les plus saillants des fonctions monogènes classiques.

1. On sait que l'on peut écrire, Δ étant l'opérateur de Laplace à deux variables réelles x, y,

$$\Delta = \left(\frac{\partial}{\partial x} - i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x} + i\frac{\partial}{\partial y}\right).$$

Par *dédoublement*, on peut obtenir à partir de cet opérateur, l'opérateur complexe suivant, à *quatre* variables réelles x, y, x', y',

$$\Lambda = \left(\frac{\partial}{\partial x'} - i\frac{\partial}{\partial y'}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x} + i\frac{\partial}{\partial y}\right).$$

Nous appellerons cet opérateur *dérivée aréolaire* par rapport à l'ensemble des variables complexes $z = x + iy$ et $z' = x' + iy'$. On a, d'ailleurs, $\Lambda = L + iL'$, où

$$L = \frac{\partial^2}{\partial x\, \partial x'} + \frac{\partial^2}{\partial y\, \partial y'}, \qquad L' = \frac{\partial^2}{\partial x'\, \partial y} - \frac{\partial^2}{\partial x\, \partial y'}.$$

Cela étant, considérons une fonction $f(z, z') = u(x, y, x', y') + iv(x, y, x', y')$ des variables complexes z et z'. Nous dirons que f est *pseudo-monogène* au

([5]) Lequel a été étudié par J. von Neumann dans le cas où $\Omega = R$, ensemble des nombres réels. On trouvera une référence aux résultats (non encore parus) de cet auteur dans F. I. Mautner, *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 34, 1948, p. 52-54.

point $(z,\ z')$, si sa dérivée aréolaire en ce point est nulle. Un calcul facile donne

$$(\mathrm{L}+i\mathrm{L}')f=\mathrm{L}u-\mathrm{L}'v+i(\mathrm{L}'u+\mathrm{L}v).$$

Par conséquent, u et v sont liées par le système

$$(1)\qquad \mathrm{L}u-\mathrm{L}'v=0,\qquad \mathrm{L}'u+\mathrm{L}v=0.$$

On en déduit que la partie réelle et le coefficient de i d'une fonction pseudo-monogène sont des intégrales d'une même équation aux dérivées partielles du 4e ordre.

$$(2)\qquad \mathrm{LL}\varphi+\mathrm{L}'\mathrm{L}'\varphi=0.$$

Nous désignerons par $\Diamond$ et appellerons *double-delta* l'opérateur $\mathrm{LL}+\mathrm{L}'\mathrm{L}'$. Cet opérateur joue le rôle d'un véritable laplacien. On a d'ailleurs,

$$\Diamond\varphi=\Delta\Delta'\varphi=\Delta'\Delta\varphi,\qquad \text{où}\quad \Delta'=\frac{\partial^2}{\partial x'^2}+\frac{\partial^2}{\partial y'^2}.$$

2. Pour une fonction monogène ordinaire d'une seule variable complexe $\mathrm{F}(z)$, on a $\mathrm{F}'(z)=(1/2)[(\partial\mathrm{F}/\partial x)-i(\partial\mathrm{F}/\partial y)]$. Par analogie, nous appellerons *dérivée* d'une fonction $f(z,\ z')$ pseudo-monogène, l'expression suivante

$$\mathrm{D}f=\frac{1}{2}(\mathrm{L}f-i\mathrm{L}'f).$$

On peut alors énoncer les résultats suivants :

I. *La dérivée d'une fonction pseudo-monogène est une fonction pseudo-monogène.*

II. *Une fonction pseudo-monogène est indéfiniment dérivable.*

III. *Si le module d'une fonction pseudo-monogène est borné dans tout l'espace, cette fonction se réduit à une constante.*

IV. *Toute famille de fonctions pseudo-monogènes, bornées dans leur ensemble dans un domaine* D, *est normale dans l'intérieur de ce domaine.*

3. Appelons fonction *pseudo-harmonique*, toute intégrale $u(x, y, x', y')$ de l'équation $\Diamond u=0$. Les fonctions pseudo-harmoniques sont caractérisées par une remarquable propriété de moyenne. Soit $\mu(u;\ \mathrm{R})$ la moyenne des valeurs de $u(x,\ y,\ x',\ y')$ dans le cercle $\mathrm{C}_{\mathrm{R}}(x,\ y)$, de centre $(x,\ y,\ 0,\ 0)$ et de rayon R, situé dans le plan des xy et soit, de même, $\nu(u;\ \mathrm{R}')$ la moyenne des valeurs de u dans le cercle $\mathrm{C}_{\mathrm{R}'}(x',\ y')$ de centre $(0,\ 0,\ x',\ y')$ et de rayon R', situé dans le plan des $x'y'$. Les symboles $\nu(\mu;\ \mathrm{R}')=\nu\mu(u;\ \mathrm{R},\ \mathrm{R}')$ et $\mu(\nu;\ \mathrm{R})=\mu\nu(u;\ \mathrm{R},\ \mathrm{R}')$ ont alors un sens bien déterminé et l'on a, dans les conditions bien connues de permutabilité des intégrales, $\mu\nu=\nu\mu$. Cela étant, on a les propositions suivantes :

I. *Toute fonction pseudo-harmonique* $u(x,\ y,\ x',\ y')$ *vérifie, en tout point du*

domaine où elle est définie, la relation de moyenne

(3) $$u(x, y, x', y') = \mu(u, \mathrm{R}) + \nu(u; \mathrm{R}') - \mu\nu(u; \mathrm{R}, \mathrm{R}'),$$

quels que soient R *et* R'.

II. *Toute fonction u, sommable dans un domaine* D *et vérifiant, en tout point de ce domaine, la relation de moyenne* (3), *est pseudo-harmonique dans ce domaine.*

III. *Toute fonction pseudo-harmonique est une fonction analytique des variables réelles* x, y, x', y'.

IV. *Si une fonction pseudo-harmonique est bornée dans l'espace tout entier, elle se réduit à une constante.*

Les démonstrations de tous ces résultats paraîtront dans un autre Recueil.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. Montel.* Note de M. **Zeev Nehari**, présentée par M. Paul Montel.

Le but de cette Note est de déterminer, dans un cas particulier, la valeur exacte de la constante $\theta(\alpha, \mathrm{E})$ définie dans le théorème suivant dû à M. Montel [1] : *Soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans une ellipse* E *de foyers* -1 *et* $+1$, *réelle lorsque* z *est réel, et satisfaisant aux conditions* $|f(z)| \leqq 1$, $z \in \mathrm{E}$, $f(-1) = f(1) = 0$, $f(0) = \alpha$. *Il existe alors un nombre* $\theta = \theta(\alpha, \mathrm{E})$ $(0 < \theta < 1)$, *tel que* $f'(z)$ *ait au moins un zéro dans l'intervalle* $-\theta < z < \theta$.

Utilisant la représentation conforme de l'ellipse E sur le cercle-unité, transformation bien connue qui est effectuée par une fonction elliptique, le problème de M. Montel est transformé dans le problème équivalent suivant : Soit $f(z)$ holomorphe et $|f(z)| \leqq 1$ pour $|z| < 1$; soit

$$f(0) = \alpha, \qquad f(\beta) = f(-\beta) = 0 \qquad (0 < \beta < 1),$$

et soit $f(z)$ réelle pour z réel; trouver la valeur minimale de $\lambda = \lambda(\alpha, \beta)$ $(0 < \lambda < \beta)$ telle que $f'(z)$ ait au moins un zéro dans $-\lambda < z < \lambda$. Dans ce qui suit, nous trouverons la valeur de λ pour la sous-classe des fonctions qui ne s'annulent dans le cercle-unité qu'aux points $z = \pm \beta$.

Théorème. — *Soit* $|f(z)| \leqq 1$ *pour* $|z| < 1$, $f(\beta) = f(-\beta) = 0$, $f(z) \neq 0$, $(z \neq \pm \beta)$, *et soit* $f(z)$ *réelle pour* z *réel. Alors* $f'(z)$ *a un zéro dans l'intervalle* $-\lambda < z < \lambda$, *où* λ *est la plus petite racine positive de l'équation*

(1) $$\frac{\lambda(1 - \beta^4)}{(\beta^2 - \lambda^2)(1 - \beta^2\lambda^2)} = \log\left(\frac{\beta^2}{\alpha}\right) r(\lambda).$$

---

[1] *Bull. Soc. Math. France*, 58, 1930, p. 105-126. Voir aussi J. Dieudonné, *Annales Éc. norm. sup.*, (3), 48, 1931, p. 247-358.

$r(x)$ est défini par

(2) $$r(x)=\frac{2}{(1+x)^2}$$

pour $2<x\leqq 2-\sqrt{3}$, *et par*

(3) $$r(x)=\frac{(1+x^2)^2}{4x(1-x^2)^2}$$

pour $2-\sqrt{3}\leqq x<1$.

La démonstration repose essentiellement sur le lemme suivant :

LEMME. — *Soit $p(z)$ holomorphe et à partie réelle positive pour $|z|<1$ et soit $p(0)=1$. Alors*

(4) $$\mathcal{R}\{p'(x)\}\geqq -r(x) \qquad (0<x<1),$$

où $r(x)$ est défini comme ci-dessus. L'inégalité (4) est exacte.

Démonstration du lemme. — La fonction

$$q(z)=\frac{z}{(z-x)^2}+\frac{z}{(1-xz)^2}$$

est réelle pour $|z|=1$ pour x réel. Par un calcul élémentaire, on trouve que le minimum de $q(z)$ pour $|z|=1$ est $-r(x)$, où $r(x)$ est défini comme ci-dessus. Considérons l'intégrale

$$\mathrm{I}=\frac{1}{2\pi i}\int p(z)\left[\frac{z}{(z-x)^2}+\frac{z}{(1-xz)^2}+r(x)\right]\frac{dz}{z},$$

prise sur la circonférence du cercle-unité. $p(z)$ peut être supposée holomorphe pour $|z|=1$; si ce n'est pas le cas nous remplaçons $p(z)$ par $p(\rho z)$, $0<\rho<1$. L'existence de l'intégrale est donc assurée. L'expression entre parenthèses est positive sur le chemin d'intégration. Comme $(iz)^{-1}dz>0$ et $\mathcal{R}\{p(z)\}\geqq 0$, nous avons $\mathcal{R}\{\mathrm{I}\}\geqq 0$. Évaluant I par le théorème des résidus, nous obtenons $\mathrm{I}=p'(x)+r(x)$. Par conséquent, $\mathcal{R}\{p'(x)+r(x)\}\geqq 0$, ce qui est équivalent à (4). On obtient l'égalité dans (4) pour $p(z)=(1-z)(1+z)^{-1}$ si $0<x\leqq 2-\sqrt{3}$, et pour

$$p_x(z)=x(1+x^2)(1-z^2)[(1+x^2)(x-z)(1-xz)-8zx^2]^{-1}$$

si $2-\sqrt{3}\leqq x<1$. On vérifie aisément que $p_x(z)$ a une partie réelle positive pour $|z|<1$ si $2-\sqrt{3}\leqq x<1$.

Revenons maintenant à la détermination de la constante $\lambda(\alpha, \beta)$. D'après les propriétés de la fonction $f(z)$, on peut l'écrire sous la forme $f(z)=(\beta^2-z^2)(1-\beta^2z^2)^{-1}g(z)$, où $g(0)=\alpha\beta^{-2}$ et $g(z)\neq 0$ ($|z|<1$). Évidemment, nous pouvons supposer $\alpha>0$.

D'après le théorème de Rolle, $f'(z)$ doit s'annuler au moins une fois dans l'intervalle $-\beta<z<\beta$. Nous allons montrer que cela n'est pas possible dans les intervalles $-\beta<z<-\lambda$ et $\lambda<z<\beta$, où λ est défini par (1). En effet,

considérons l'expression

$$\frac{f'(z)}{f(z)} = -\frac{z(1-\beta^4)}{(\beta^2-z^2)(1-\beta^2 z^2)} + \frac{g'(z)}{g(z)}.$$

$g(z)$ étant bornée et ne s'annulant pas, $\log g(z)$ est holomorphe et possède une partie réelle négative dans $|z|<1$. D'après le lemme, nous avons donc

$$-\frac{g'(z)}{g(z)} = -\mathcal{R}\left\{\frac{g'(z)}{g(z)}\right\} \geq -\log\left(\frac{\beta^2}{\alpha}\right) r(z), \qquad 0<z<1,$$

d'où

(5) $$\frac{f'(z)}{f(z)} \leq -\frac{z(1-\beta^4)}{(\beta^2-z^2)(1-\beta^2 z^2)} + \log\left(\frac{\beta^2}{\alpha}\right) r(z).$$

Si l'expression à droite est négative, $f'(z)$ ne peut pas s'annuler et cela sera certainement le cas si $\lambda<z<\beta$, où λ est défini par (1); on vérifie sans difficulté que l'équation (1) a précisément une racine dans l'intervalle $0<z<\beta$. On démontre d'une manière entièrement analogue que $f'(z)$ ne peut s'annuler dans l'intervalle $-\beta<z<-\lambda$.

Pour montrer que cette valeur de λ est la meilleure possible, il suffit d'observer qu'en identifiant la fonction $-\log g(z)$ avec la fonction extrémale du lemme, on a l'égalité (5) et que la fonction ainsi obtenue a un seul zéro, $z=\lambda$, dans l'intervalle $-\beta<z<\beta$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'énergie cinétique d'un fluide visqueux incompressible occupant un domaine spatial borné.* Note (*) de M. **Ratip Berker**, présentée par M. Joseph Pérès.

M. Leray a montré ([1]) que dans le mouvement plan d'un fluide visqueux incompressible occupant un domaine plan borné l'énergie cinétique du fluide décroît en fonction du temps au moins aussi vite qu'une exponentielle. M. Kampé de Fériet a donné ([2]) de cette propriété une démonstration directe et a fourni une expression de la constante du décrément, expression qui ne dépend que de la forme du domaine. Je me propose de montrer que la propriété en question a également lieu dans le cas du mouvement spatial ([3]).

Un fluide visqueux incompressible occupe un domaine spatial borné Δ limité par une surface régulière S qui est une paroi solide fixe. Nous supposons que

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Journ. de Math.*, 13, 1934, p. 331-418; *cf.* p. 371 et 389.

([2]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1096 et 1098.

([3]) Après la rédaction de la présente Note j'ai été averti du résultat d'un récent travail de M. Kampé de Fériet (*Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, 63, 1949, p. 36) (travail que je n'ai pu encore consulter) où une inégalité de même forme est établie par une méthode différente.

les composantes de la vitesse $\vec{V}(x, y, z, t)$, leurs dérivées partielles du premier ordre par rapport à x, y, z, t et leurs dérivées partielles du second ordre par rapport à x, y, z sont continues dans $\Delta + S$. Soient

$$E = \frac{1}{2}\rho \int_\Delta V^2 d\tau, \qquad J = \rho \int_\Delta \omega^2 d\tau$$

l'énergie cinétique du fluide et son énergie tourbillonnaire. Utilisons les formules de Poincaré ([1]) donnant la vitesse $\vec{V}$ en fonction du tourbillon $\vec{\omega}$; ces formules s'écrivent ici :

(1) $$\vec{V} = \overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{W}, \qquad \vec{W} = \frac{1}{2\pi}\int_\Delta \frac{\vec{\omega}}{r}\, d\tau.$$

En faisant usage de la relation

(2) $$\text{div}\,(\vec{a} \wedge \vec{b}) = \vec{b}.\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{a} - \vec{a}.\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{b},$$

où l'on a posé $\vec{a} = \vec{V}$, $\vec{b} = \vec{W}$ et de la formule de Green, on trouve l'expression de E à l'aide d'une intégrale contenant $\vec{W}$ et $\vec{\omega}$. Si l'on remplace dans cette intégrale $\vec{W}$ par sa valeur donnée en (1), on obtient pour l'expression de l'énergie cinétique l'intégrale sextuple

$$E = \frac{\rho}{2\pi}\int_\Delta\int_\Delta \vec{\omega}_P.\vec{\omega}_Q \frac{1}{r_{PQ}}\, d\tau_P\, d\tau_Q.$$

Appliquons à cette intégrale l'inégalité de Schwarz. On obtient une inégalité dont le second membre est le produit de deux intégrales; on voit facilement que la première de ces deux intégrales ne saurait être supérieure à J^2. Quant à la seconde intégrale, qui est à un facteur constant près l'intégrale sextuple de $1/(r_{PQ})^2$, elle se laisse facilement majorer : soit D le diamètre du domaine Δ; si l'on remplace dans la dernière intégrale le domaine Δ par une sphère de diamètre D, on trouve que l'intégrale a pour valeur $\pi^2/4\, D^4$. En définitive, on obtient l'inégalité

(3) $$E \leqq \frac{D^2}{4} J.$$

Pour établir cette inégalité, nous n'avons nullement utilisé les équations de Navier-Stokes, mais simplement l'incompressibilité du fluide et son adhérence à la paroi. Considérons maintenant les équations de Navier-Stokes qui s'écrivent

(4) $$-\overrightarrow{\text{grad}}\, H = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + 2\vec{\omega} \wedge \vec{V} - \nu \Delta_2 \vec{V}.$$

([1]) *Cf.* J. Pérès, *Cours de Mécanique des fluides*, 1936, p. 250, form. (3).

On peut en tirer pour le mouvement qui nous occupe la relation

$$(5) \qquad \frac{dE}{dt} = -4\nu J,$$

qu'on pourrait appeler égalité de Bobyleff-Forsyth [5] et qu'on peut établir facilement par une voie directe sans passer par l'intermédiaire de la fonction de dissipation. Faisons le produit scalaire des deux membres de l'équation (4) par $\vec{V}$ et intégrons dans Δ. On a

$$\int_\Delta \vec{V}.\overrightarrow{\text{grad}}\, H\, d\tau = \int_\Delta \text{div}(H\vec{V})\, d\tau = \int_S H\, \vec{n_e}.\vec{V}\, d\sigma = 0,$$

$$\int_\Delta \vec{V}\frac{\partial \vec{V}}{\partial t}\, d\tau = \frac{1}{\rho}\frac{dE}{dt}, \qquad \int_\Delta \vec{V}\Delta_2\vec{V}\, d\tau = -\frac{4}{\rho}J.$$

Pour obtenir la dernière formule il suffit d'utiliser la formule (2) où l'on a fait $\vec{a} = \vec{V}$ et $\vec{b} = \overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{V}$. L'égalité (5) résulte immédiatement de ces formules. Notons incidemment que cette égalité permet d'affirmer que le mouvement dans Δ ne saurait être permanent, ni plus généralement à énergie cinétique constante.

Des relations (3) et (5) on tire

$$E \leqq E_0\, e^{-\frac{16\nu t}{D^2}},$$

inégalité qui exprime la propriété annoncée de l'énergie cinétique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'interaction relativiste des particules et la théorie quantique des champs.* Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'état Φ d'un système d'électrons négatifs et positifs peut être caractérisé [1] par les coefficients $c_{\bar{n}_1\ldots\bar{n}_i}$ dans l'espace des tenseurs antisymétriques de différents rangs de l'espace R_+ correspondant au spectre positif de l'énergie d'un électron libre et de l'espace dual de R_-. La variation temporelle des coefficients suit l'équation d'onde

$$(1) \qquad i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Phi = \mathcal{H}\Phi \qquad \text{avec} \quad \mathcal{H} = W + V,$$

$$W = \sum_{E_n>0} E_n a_n^* a_n + \sum_{E_{n'}<0} |E_{n'}|\, a_{n'} a_{n'}^*, \qquad V = \frac{1}{2}\sum (\underline{n}_1\underline{n}_2 | V | \underline{m}_1\underline{m}_2)\, \overline{a_{\underline{n}_1}^* a_{\underline{n}_2}^* a_{\underline{m}_2} a_{\underline{m}_1}}.$$

---

(5) *Cf.* H. L. Dryden, F. D. Murnaghan et H. Bateman, *Report of the Committee on Hydrodynamics* (*Bull. of the Nat. Res. Council*, 84, 1932, p. 157).

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) Pour les notations et le formalisme voir *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1205.

L'espace des états d'autres particules libres et les opérateurs d'interaction correspondants peuvent être introduits d'une façon analogue. Pour les éléments de matrice de l'interaction électromagnétique de particules chargées, nous avons trouvé (²), pour $\vec{k}_{\underline{n}_1 \underline{m}_1} = -\vec{k}_{\underline{n}_2 \underline{m}_2}$, l'expression

$$(\underline{n}_1 \underline{n}_2 | \mathrm{U} | \underline{m}_1 \underline{m}_2) = (\underline{n}_1 \underline{n}_2 | \mathrm{V} | \underline{m}_1 \underline{m}_2)\, e^{-\frac{i}{h}(\mathrm{E}_{\underline{m}_1} + \mathrm{E}_{\underline{m}_2} - \mathrm{E}_{\underline{n}_1} - \mathrm{E}_{\underline{n}_2})t}$$

$$= 4\pi\Omega \frac{\rho_{\underline{n}_1 \underline{m}_1} \rho_{\underline{n}_2 \underline{m}_2} - \left(\vec{s}_{\underline{n}_1 \underline{m}_1} \cdot \vec{s}_{\underline{n}_2}{}^{\underline{m}_2}\right)}{\nu_{\underline{n}_1 \underline{m}_1} \nu_{\underline{n}_2 \underline{m}_2} - \left(\vec{k}_{\underline{n}_1 \underline{m}_1} \cdot \vec{k}_{\underline{n}_2 \underline{m}_2}\right)}.$$

Ayant une description relativiste d'un système de particules chargées, l'énergie d'interaction électromagnétique représente l'énergie du champ électromagnétique et les valeurs moyennes des différentes quantités du champ doivent pouvoir être déterminées à partir de l'état Φ des particules chargées. Les résultats de la méthode de correspondance (³) montrent également que les différentes quantités caractérisant le rayonnement sont déterminées par les distributions de charge et de courant, et doivent donc correspondre à des opérateurs dans l'espace de ces états Φ. L'hamiltonien du système a des termes correspondant à la création et l'annihilation simple et double de paires. Un état $\Phi_0^{\mathcal{H}}$, avec $\mathcal{H}\Phi_0^{\mathcal{H}} = 0$, doit correspondre aux fluctuations du vide, et l'on doit avoir, par exemple, des états $\Phi_{h\nu}$ correspondant à une valeur $h\nu$ de $\mathcal{H}$ et à la présence d'un seul photon libre. Le problème est de réinterpréter de façon appropriée les résultats de la méthode de correspondance dans l'espace des états Φ, et d'établir les conditions auxquelles et l'approximation avec laquelle les variables du champ ou des photons peuvent être introduites comme des variables indépendantes.

Par un choix convenable des facteurs dans l'opérateur de l'énergie d'interaction, V correspond seulement à l'interaction de particules différentes (⁴) (⁵), et les difficultés dues aux énergies propres infinies des théories habituelles n'apparaissent pas. Ce doit être la solution de ces difficultés dans le formalisme quantique, où le problème de l'énergie propre se présente sous un aspect entièrement différent de celui qu'il a dans la théorie classique. L'énergie propre coulombienne d'un électron résulte, dans la théorie classique, d'un calcul de

---

(²) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1283.

(³) O. Klein, *Z. f. Physik*, **41**, 1927, p. 407; W. Pauli, *Hb. d. Physik*, Bd. XXIV-1, Berlin, 1933, p. 201; C. Møller, *Proc. Roy. Soc.*, A, **152**, 1935, p. 481.

(⁴) P. Jordan et J. Wigner, *Z. f. Physik*, **47**, 1928, p. 631; L. Rosenfeld, *Z. f. Physik*, **73**, 1931, p. 253.

(⁵) Pour une théorie classique de l'action à distance, *voir* J. A. Wheeler et R. P. Feynman, *Rev. Mod. Phys.*, **17**, 1945, p. 157.

l'action mutuelle des éléments d'une distribution de charge et c'est l'énergie de cette interaction qui devient infinie dans le cas d'un électron ponctuel. Mais dans une théorie quantique, où l'on doit tenir compte de l'existence d'un quantum élémentaire e de charge, et où les valeurs propres possibles de l'opérateur de charge sont des multiples entiers de e, cela n'a pas de sens à parler de l'interaction des éléments de charge constituant la charge élémentaire ou des forces qui maintiennent sa cohésion. Dans le calcul de la valeur moyenne de l'énergie d'interaction de deux électrons selon la mécanique ondulatoire, il ne s'agit pas de l'interaction de vraies densités de charge, mais de l'interaction de deux quanta e de charge et les expressions analogues aux densités de charge apparaissent seulement parce que la position relative des charges est caractérisée par des distributions de probabilité. De même, les opérateurs de courant d'un formalisme quantique ne correspondent pas à des vraies densités de courant, mais ont une interprétation de probabilité et il est naturel que l'énergie de l'interaction dynamique ne contienne que des termes correspondant à l'interaction de particules différentes. Une future théorie devrait pouvoir déterminer les valeurs possibles de l'énergie au repos mc^2 des particules élémentaires, mais ce problème paraît être indépendant du problème des énergies propres divergentes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Relations d'indétermination et fluides quantiques. La seconde quantification en théorie cinétique quantique.* Note (*) de M. **Daniel Massignon**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Une Note antérieure ([1]) a exposé comment on peut passer de la théorie cinétique classique à la théorie quantique des fluides. Le passage se fait par l'intermédiaire de certaines densités de valeur moyenne $D(\mathbf{x}_1, \ldots, \mathbf{p}_N, \mathbf{R})$ liées aux paramètres locaux de l'hydrodynamique, $n(\mathbf{R})$, $\mathbf{v}(\mathbf{R})$ et $T(\mathbf{R})$, et définies à l'aide des positions $\mathbf{x}_l$ et des impulsions $\mathbf{p}_l$ des N particules du fluide. Le tableau ci-après rassemble les principales densités :

2. On a vu ([1]) comment les équations de l'hydrodynamique quantique pouvaient être formées avec les densités des colonnes I et II. Une troisième méthode, qui a de grands avantages, consiste à se servir des densités $\mathcal{D}$ de la colonne III et à superquantifier ([2]); $\psi(\mathbf{R})$ et $\psi^*(\mathbf{R})$ sont alors les opérateurs annihilation et création d'une particule au point $\mathbf{R}$, dont le commutateur (bosons) ou l'anticommutateur (fermions) est $[\psi(\mathbf{R}), \psi^*(\mathbf{R}')] = \delta(\mathbf{R}-\mathbf{R}')$.

(*) Séance du 4 avril 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1949, p. 280.

([2]) Le tenseur énergie-impulsion doit être symétrisé.

	I.	II.	III.
Densité de masse $\rho(\mathbf{R})$	$\Sigma m\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})$	$\Sigma m\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})$	$m\psi^*\psi$
Courant de masse $J_x(\mathbf{R})$ / Densité d'impulsion $G_x(\mathbf{R})$	$\Sigma\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})p_{lx}p_{ly}$	$\Sigma\{\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})p_{lx}\}$	$\frac{\hbar}{2i}\left(\psi^*\frac{\partial\psi}{\partial x}-\frac{\partial\psi^*}{\partial x}\psi\right)$
Pression (cinétique) $P_{xy}(\mathbf{R})$	$\frac{1}{m}\Sigma\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})p_{lx}p_{ly}$	$\frac{1}{m}\Sigma\{\{\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})p_{ly}\}p_{lx}\}$	$\frac{\hbar^2}{4m}\left(\frac{\partial\psi^*}{\partial y}\frac{\partial\psi}{\partial x}-\psi^*\frac{\partial^2\psi}{\partial x\,\partial y}\right)+\text{adj.}$
Densité d'énergie cinétique $K(\mathbf{R})$	$\frac{1}{2m}\Sigma\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})\mathbf{p}_l^2$	$\frac{1}{2m}\Sigma\{\{\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})\mathbf{p}_l\}\mathbf{p}_l\}$	$\frac{\hbar^2}{8m}\left(\frac{\partial\psi^*}{\partial\mathbf{R}}\frac{\partial\psi}{\partial\mathbf{R}}-\psi^*\Delta\psi\right)+\text{adj.}$
Cour. d'énergie cinétique $Q_x(\mathbf{R})$	$\frac{1}{2m^2}\Sigma\,\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})\mathbf{p}_l^2p_{lx}$	$\frac{1}{2^2m}\Sigma\{\{\{\delta(\mathbf{x}_l-\mathbf{R})p_{lx}\}\mathbf{p}_l\}\mathbf{p}_l\}$	$-\frac{\hbar^2}{8m^2}\Delta J_x+A_x$

Dans ce tableau, $2\{\alpha\beta\}=(\alpha\beta+\beta\alpha)$; il faut sommer sur $l=1, 2, \ldots, N$; J_x, G_x, Q_x désignent des composantes des vecteurs **J**, **G**, **Q** et du tenseur P; $\delta(x_l-R)$ est la fonction de Dirac; et **A** est un vecteur de divergence nulle.

Les équations microscopiques de transport sont à présent

$$\frac{d\mathcal{D}}{dt}-\frac{i}{\hbar}[\mathcal{H},\mathcal{D}]. \tag{1}$$

où l'hamiltonien $\mathcal{H}$ est donné par

$$\mathcal{H}=\int\psi^*(\mathbf{R})\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial\mathbf{R}^2}+\Phi(\mathbf{R})\right)\psi(\mathbf{R})\,d\mathbf{R}+\frac{1}{2}\iint\psi^*(\mathbf{R})\psi^*(\mathbf{R}')\Phi_{\mathbf{RR}'}\psi(\mathbf{R})\psi(\mathbf{R}')\,d\mathbf{R}'\,d\mathbf{R}. \tag{2}$$

On forme les paramètres locaux et les équations hydrodynamiques en prenant les valeurs moyennes ([3]) des densités $\mathcal{D}$ et des premiers membres de ([1]).

3. Les équations de l'Hydrodynamique quantique formées à partir des densités de valeur moyenne I, II et III sont évidemment les mêmes. Elles sont en outre, *formellement* analogues aux équations classiques; ce n'est pas surprenant et doit être rapproché du résultat bien connu d'Ehrenfest : les valeurs moyennes quantiques varient au cours du temps selon les équations de la mécanique classique. La différence entre fluides classiques et quantiques est donc dans les *équations microscopiques de transport* et dans les *propriétés des densités de valeurs moyenne.*

4. En effet, les densités (II) et (III) sont des opérateurs qui ne permutent

([3]) La notion de *mélange* s'introduit en seconde quantification à partir des fonctionnelles qui représentent l'état, comme dans la méthode de l'espace de configuration à partir des fonctions d'ondes. La valeur moyenne de $\mathcal{D}$ est encore $\overline{\mathcal{D}}=\text{Trace}(\mathfrak{T}\mathcal{D})$, où l'opérateur $\mathfrak{T}$ possède ici la même décomposition spectrale que son homologue de la Note précédente.

pas entre eux; les plus simples des relations de commutation sont

$$[\rho(\mathbf{R}), \mathbf{J}(\mathbf{R}')] - i\hbar \frac{\partial}{\partial \mathbf{R}}[\rho(\mathbf{R})\delta(\mathbf{R}-\mathbf{R}')] \quad (3)$$

déjà formée par Landau ([4]) et celle que vérifient les composantes de $J(\mathbf{R})$; cette dernière a permis à London ([5]) d'interpréter l'existence de la *vitesse critique* d'écoulement superfluide de l'hélium liquide. Les commutateurs des autres densités du tableau ci-dessus permettront de prévoir l'existence possible d'autres constantes critiques : ainsi, celui des composantes du courant d'énergie cinétique Q pourra préciser certaines analogies entre la superconductivité calorifique et la superfluidité de l'hélium II. Il faut donc toujours rechercher la raison profonde du comportement des fluides quantiques dans les *relations d'indétermination* ([6]).

5. La seconde quantification paraît souvent mieux adaptée à l'étude des fluides quantiques que la méthode de l'espace de configuration.

a. En effet, l'aspect *corpusculaire* du fluide s'y efface devant l'aspect *ondulatoire*; or, précisément, il n'est pas possible de localiser les particules formant les principaux fluides quantiques connus (hélium II, électrons de Fermi d'un métal, noyaux lourds), car leur longueur d'onde de de Broglie est comparable aux dimensions géométriques du fluide.

b. Il est possible d'étendre le domaine de la théorie cinétique au cas où le *nombre* de particules du fluide quantique ne serait plus *constant*.

c. Il est possible de représenter les *interactions* par un *champ quantifié* et, ainsi, de rendre la théorie invariante relativiste, s'il en est besoin.

On remarquera, enfin, l'analogie entre l'*hydrodynamique* quantique et l'*électrodynamique* quantique : les équations de Born-Green et les relations du type (3) jouent, dans la première, un rôle analogue à celui que jouent, dans la seconde, les équations de Maxwell et les relations de Bohr-Rosenfeld entre les composantes du champ électromagnétique.

([4]) L. D. Landau, *J. Phys. U. S. S. R.*, 5, 1941, p. 71; F. London, *Rev. Mod. Phys.*, 17, 1945, p. 310.

([5]) Voir par exemple W. Band et L. Meyer, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 226.

([6]) D. Massignon, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 62. Tous ces résultats sont indépendants de la statistique suivie par le fluide; ils s'appliqueront aussi bien aux électrons d'un métal superconducteur, si l'on change les commutateurs (bosons) en anticommutateurs (fermions), les forces extérieures en champ électromagnétique des ions et les forces de van der Waals en forces interélectroniques.

CHIMIE COLLOÏDALE. — *Congélation des sols de gélatine.* Note (*) de M. **Albert Rousselot**, présentée par M. Louis Hackspill.

En étudiant l'influence des basses températures sur les gels de gélatine, T. Moran (1) a montré que lorsque des gels à une concentration supérieure à 12 % sont congelés lentement, il y a une nette séparation en glace et en gel plus concentré. Par exemple, en maintenant un certain temps à — 19° C une gelée aqueuse à 12 % de gélatine, et éliminant mécaniquement les cristaux de glace qui se forment en surface, on aboutit à un gel à 65 % de gélatine.

Nous avons repris ces essais en opérant à la température de l'air liquide (— 190° C environ) sur des sols dilués. Les phénomènes observés sont les suivants :

Si l'on immerge dans l'air liquide un tube à essais contenant une solution à 1 % de gélatine, celle-ci se transforme en une masse blanche, apparemment homogène, à cassure conchoïdale. Par réchauffement lent jusqu'à la température ambiante, la masse primitivement homogène se sépare en deux phases : au centre du tube, un gel blanc, peu rigide; près des parois, une phase liquide parfaitement limpide. Par centrifugation du mélange, le gel solide décante. Il est constitué de gélatine à 13 % environ, qui se repeptise facilement en tiédissant, sans que les propriétés de la gélatine initiale soient apparemment modifiées. La phase liquide ne contient plus de protéine.

De nombreux essais ont été effectués, tant sur une gélatine déminéralisée isoélectrique de la Compagnie Centrale Rousselot, que sur des gélatines techniques de la même provenance, et à des dilutions variées.

Même pour des concentrations aussi faibles que 0,02 %, la congélation permet de séparer un gel à haute teneur en gélatine, ce qui correspond à un enrichissement de plus de 600 fois.

On a également étudié le comportement à basse température de l'ovalbumine, de sérum sanguin normal, d'un sérum pathologique riche en globulines, d'hydrolysats de gélatine. Aucune de ces substances ne se sépare en deux phases comme le fait la gélatine.

Cette propriété de la gélatine n'est pas en relation avec l'eau liée qui entoure ses molécules, mais avec la propriété qu'elle possède de donner des gels. En effet, si l'on empêche sa gélification, par exemple en la dissolvant dans l'acide acétique, la séparation à basse température ne se produit plus.

Par ailleurs, avec l'agar-agar, de constitution totalement différente de la gélatine, mais possédant comme celle-ci le pouvoir de former des gels, le même phénomène se produit.

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, **112** A, 1926, p. 30.

L'interprétation la plus plausible est qu'au moment de la congélation, les premiers cristaux formés sont de l'eau pure. La phase liquide s'enrichit en gélatine jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment concentrée pour donner un gel. Lorsque le refroidissement se poursuit, ce gel laisse, par synérèse, exsuder de nouvelles quantités d'eau et continue ainsi à se concentrer. Par la suite, lors du réchauffement, la glace fond, laissant la gélatine sous forme de gel concentré qui n'absorbe que lentement l'eau environnante.

Des essais sont actuellement en cours pour vérifier que la gélatine ainsi traitée ne présente pas de modifications dans sa structure. On étudie en particulier la viscosité des sols et la rigidité des gels.

CHIMIE MINÉRALE. — *Influence du traitement thermique préalable sur les propriétés de basse température de l'anhydride tungstique.* Note (*) de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'anhydride tungstique présente à haute température, entre 700 et 900° C, un certain nombre de transformations, mises antérieurement en évidence par analyse thermique et par mesures dilatométriques ([1]).

Je me suis proposé ici d'étudier, par les mêmes méthodes, le comportement à basse température, d'échantillons d'anhydride tungstique ayant subi différents traitements thermiques préalables. En particulier, j'ai cherché à obtenir par trempe, depuis la zone des transformations de hautes températures, des produits présentant des caractéristiques nouvelles.

L'oxyde utilisé préparé par calcination de l'hydrate ([1]) ne contient comme impureté, décelable à l'analyse spectrographique, que des traces d'anhydride molybdique. Les mesures ont été effectuées, sur des éprouvettes d'oxyde aggloméré sous pression, à l'aide d'un dispositif d'analyse thermique différentiel et d'un dilatomètre Chévenard à haute sensibilité, équipés pour les études de basse température (jusqu'à — 195° C, point d'ébullition de l'azote liquide).

L'examen, par les méthodes précédentes de l'oxyde préalablement traité à l'air sans précaution spéciale, à des températures comprises entre 700 et 1200° C, met en évidence une transformation de basse température. Celle-ci est caractérisée, à température ascendante, par un léger effet endothermique accompagné d'une expansion importante (pouvant dépasser 1 % en volume); les phénomènes inverses se produisent à température descendante, mais avec un retard considérable. *La température et l'intensité de cette transformation sont sous l'étroite dépendance du passé thermique de l'échantillon.*

Si l'on considère des produits trempés dans les mêmes conditions, à partir de températures comprises entre 700° C et 1200° C, on constate que l'intensité

(*) Séance du 11 avril 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 917.

du phénomène croît lorsque la température augmente (*fig.* 1 et 3), cependant que l'hystérésis diminue et que les températures de transformation deviennent plus élevées (— 32° C et — 108° C pour 800° C, — 15° C et — 70° C pour 1000° C).

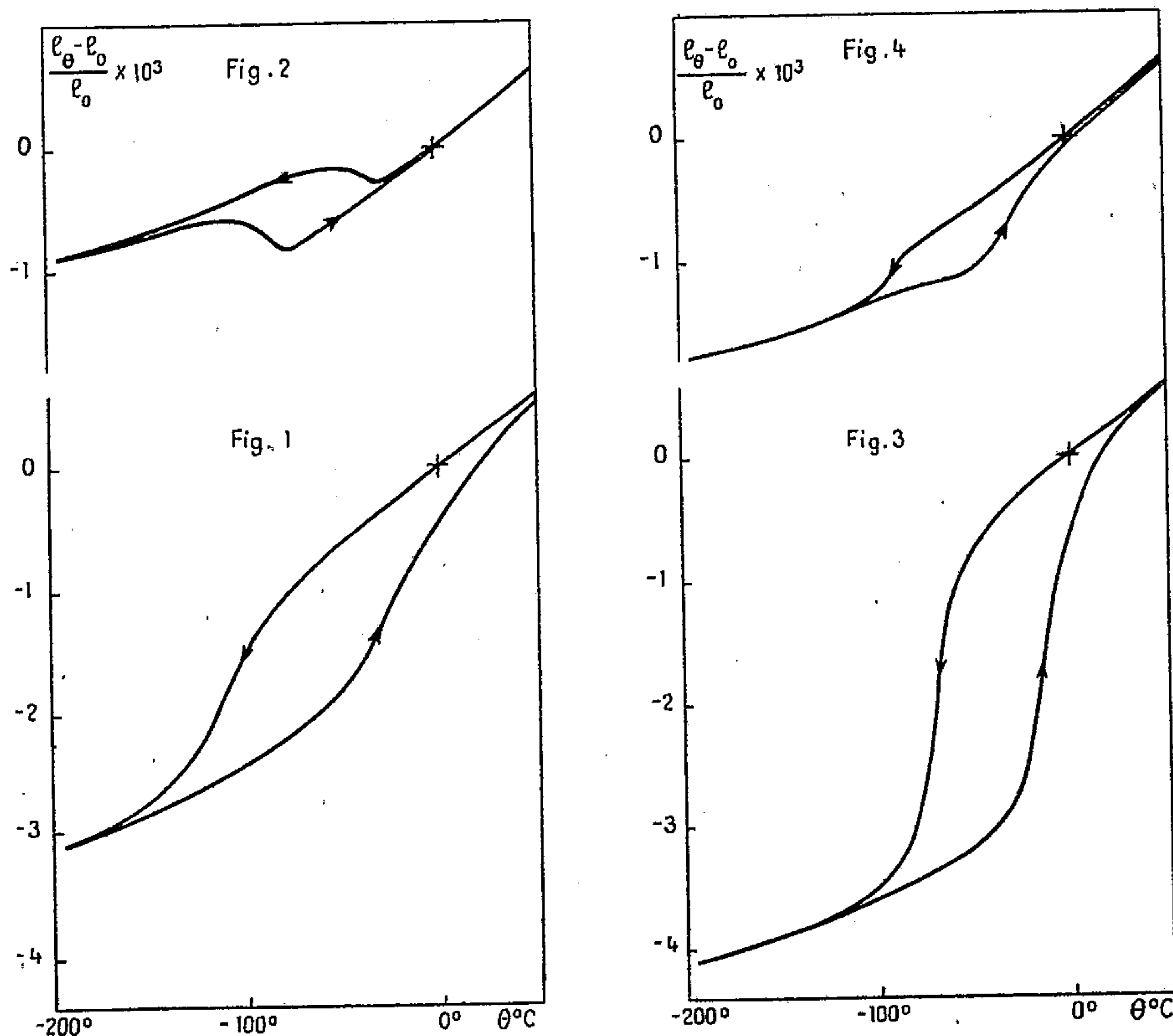


Fig. 1. — WO_3 trempé depuis 800 °C.
Fig. 2. — WO_3 refroidi lentement (25° heure) depuis 800 °C.
Fig. 3. — WO_3 trempé depuis 1000 °C.
Fig. 4. — WO_3 refroidi lentement (25° heure) depuis 1000 °C.

Les produits trempés depuis des températures de l'ordre de 1100° ou 1200°C, présentent en outre, à température ascendante, vers +50°C, un deuxième phénomène d'expansion irréversible, plus faible que le premier mais entraînant une désagrégation partielle des éprouvettes.

L'intensité de la transformation diminue progressivement au fur et à mesure que la vitesse de refroidissement devient plus faible (*fig.* 4), le phénomène tendant à disparaître. Les produits traités à des températures voisines de 800°, puis refroidis suffisamment lentement (25° heure), présentent même un deuxième type de transformation de basse température, donnant lieu à un léger phénomène dilatométrique de *sens inverse* du premier (*fig.* 2).

L'examen radiocristallographique n'a pas permis jusqu'à maintenant de

mettre en évidence de différences importantes entre les produits ayant subi des traitements thermiques différents; par ailleurs ces produits ne présentent pas de dissociation décelable par l'analyse chimique.

Les phénomènes d'expansion et de contraction observés à haute température semblent jouer un rôle important dans l'origine de la transformation de l'oxyde trempé. L'intensité de cette dernière est en effet conditionnée par la vitesse préalable de refroidissement du produit entre 800° et 700° C.

Notons enfin que les anomalies de propriétés obtenues à basse température avec l'anhydride tungstique trempé présentent certaines analogies avec celles que l'on observe lors de la transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ de la cristobalite.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Action du froid sur la contrainte réelle de rupture et la capacité de déformation de l'acier chargé en hydrogène.* Note (*) de MM. **Paul Bastien** et **Pierre Azou**, présentée par M. Albert Portevin.

A propos de recherches sur la cohésion de l'acier, nous avons déterminé, entre +15° et —70°C, les courbes de contrainte réelle en fonction de la striction (courbes rationnelles de traction) sur un acier recuit à 0,15 % de carbone; trois états ont été étudiés : pas de chargement en hydrogène, chargement électrolytique de 48 heures dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 %, chargement par attaque dans cette solution.

Comme l'un de nous l'a déjà signalé ([1]), on n'observe pas de différence entre l'effet du chargement électrolytique et celui obtenu par attaque à l'acide quand une certaine saturation est atteinte. Les résultats confirment le peu d'influence de l'hydrogène absorbé sur la charge de rupture classique et son action défavorable sur la striction et l'allongement de rupture. Beaucoup plus intéressante est la variation de la contrainte réelle de rupture τ en fonction de la température (*fig.* 1); τ est, dans l'intervalle +15°, —70°, constamment abaissé par l'hydrogène. Il est à noter que τ croît quand la section de la striction à la rupture augmente dans les aciers non chargés et décroît quand cette section augmente pour les aciers chargés. Ceci peut être interprété à partir des courbes rationnelles de traction et du lieu des points représentant les ruptures dans le plan (σ, δ) [σ contrainte existant au stade de déformation, δ, stade qui peut être caractérisé par la réduction relative de section $(S_0 - S)/S_0$ à ce moment].

En effet, d'après Shevandin ([2]), complétant les travaux de Ludwik ([3]), trois parties AB, BC, CD sont à considérer dans ce lieu, lorsque la température

(*) Séance du 4 avril 1949.

([1]) P. Bastien, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 820-822.

([2]) *Engineers Digest*, 10, 1949, p. 7-10.

([3]) *Zeits. V d I*, 1927, p. 1532.

varie : elles correspondent respectivement à des ruptures par fragilité, semi-fragilité et ductilité (*fig.* 2). La rupture se fait donc par semi-fragilité pour l'acier non chargé et par fragilité pour l'acier chargé en hydrogène (*fig.* 3).

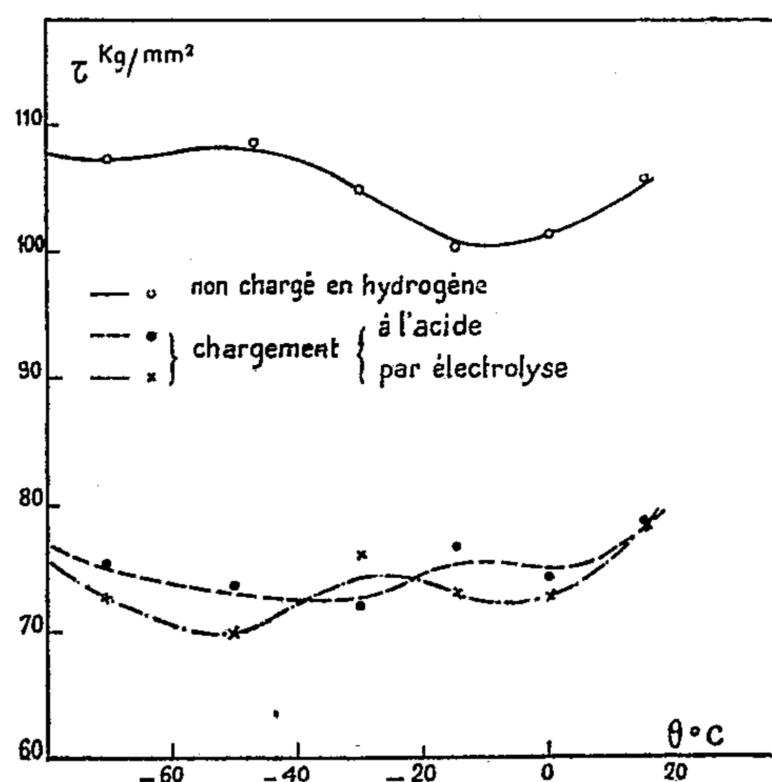


Fig. 1.

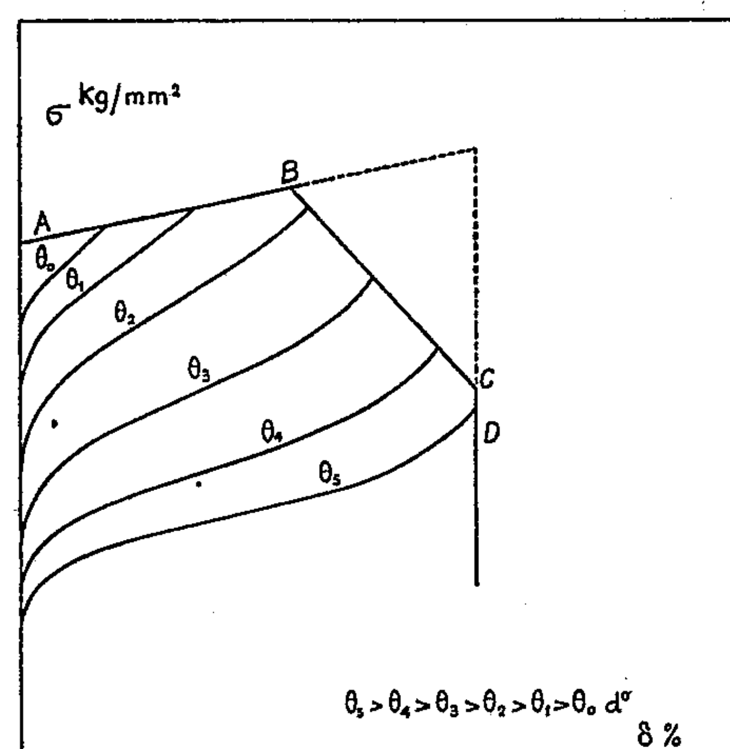


Fig. 2.

Les cassures des éprouvettes comportent deux zones, l'une centrale, de forme circulaire, brillante, grenue et sensiblement plane, l'autre annulaire, mate, fibreuse et en forme de tronc de cône : la première correspond à la

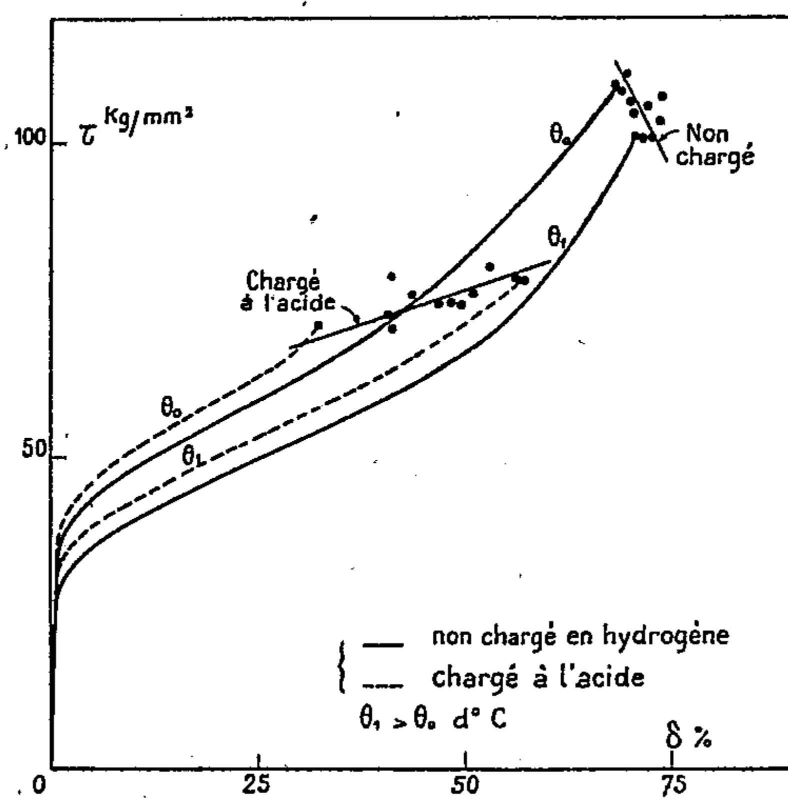


Fig. 3.

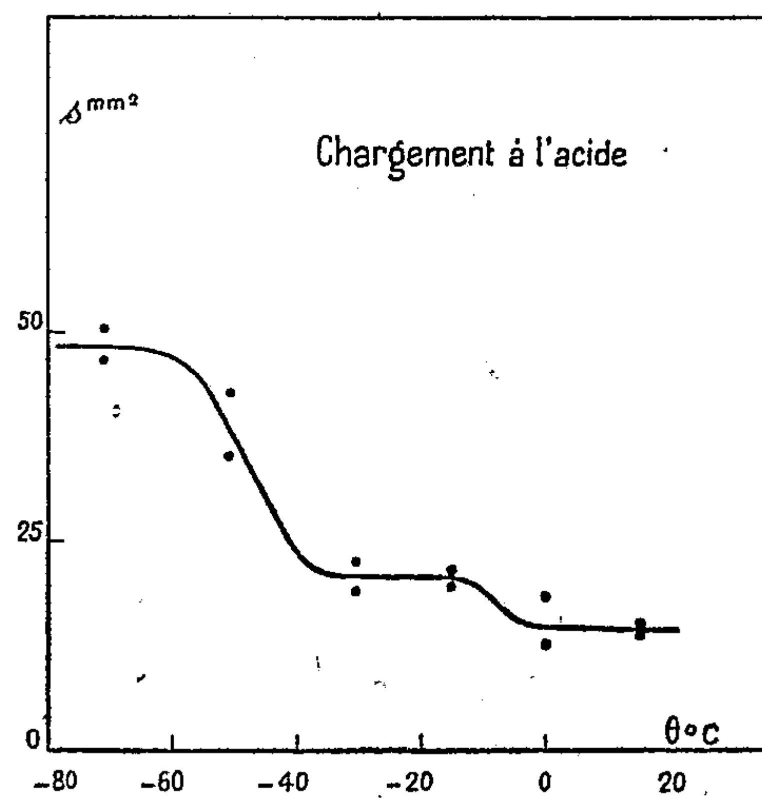


Fig. 4.

rupture par décohésion et la seconde par glissement. La surface *s* ayant travaillé à la décohésion, augmente par paliers lorsque la température d'essai décroît (*fig.* 4) et l'on constate l'existence de trois paliers. Ceci paraît se

rattacher au fait mis en évidence par C. Barrett, G. Ansel et R. Mehl ([4]) que, dans la ferrite, trois plans de glissement actifs {110}, {112} et {123} sont possibles. A la température ambiante l'ensemble des trois plans intervient, à basse température, seul {110} est actif et entre ces zones existent des températures de transition qui, dans nos essais, sont les suivantes :

	Métal non chargé en hydrogène.	Métal chargé en hydrogène par attaque à l'acide.	Métal chargé en hydrogène par électrolyse.
Passage du régime de déformation à 3 plans à celui à 2 plans de glissement.........	$-20°$	$-10°$	$+5°$
Passage du régime de déformation à 2 plans à celui à 1 plan de glissement..........	$-70°$	$-50°$	$-40°$

Elles sont décalées vers les températures plus élevées pour le métal chargé en hydrogène, ce qui est en accord avec le fait que les contraintes triaxiales résultant de la localisation de l'hydrogène dans les imperfections cristallines de la structure, les lacunes mosaïques, par exemple, tendent à s'opposer aux glissements dans la phase de déformation plastique.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Comportement mécanique des métaux polycristallins; analogie des facteurs fragilisants.* Note (*) de MM. **René Castro** et **André Gueussier**, présentée par M. Albert Portevin.

En un point M d'un solide isotrope, la connaissance des trois contraintes principales n_1 n_2 n_3 suffit à déterminer le système des contraintes. La connaissance de $\alpha = (n_2/n_1)$ et $\beta = (n_3/n_1)$ (avec $|n_1| > |n_2|$ et $|n_1| > |n_3|$) ou bien d'une fonction univoque et symétrique $T = f(\alpha, \beta)$ définit la *triaxialité des contraintes en* M. Donc n_1 et T donnés définissent aussi le système.

Nous avons effectué des essais de flexion par choc sur éprouvettes entaillées, en faisant varier la température θ et la triaxialité des contraintes T.

Pour faire varier T nous avons utilisé des éprouvettes de profil constant et de largeur l (dimension perpendiculaire au profil) variable ([1]). La distribution de n_1 et n_2 dans le plan du profil a déjà été étudiée ([2]). Quand $l = 0$, $n_3 = 0$. Quand l croît, la contraction transversale de l'éprouvette ne pouvant se faire librement au cours de la déformation, la contrainte transversale n_3 croît jusqu'à

([4]) *Trans. A. S. M.*, 35, 1937, p. 702-736.

(*) Séance du 4 avril 1949.

([1]) Certains auteurs, comme Baumann, Stribeck et Mailänder, ont déjà utilisé le principe de la variation de l, sans établir toutefois la liaison entre cette variation et la variation corrélative de T.

([2]) P. Laurent et A. Popoff, *Rev. Mét. Mém.*, 35, 1938, p. 363; Pomey, *Rev. Mét. Mém.*, 41, 1944, p. 17.

une valeur correspondant à une contraction transversale nulle. On pourra admettre en première approximation :

a. Que quand l croît, $\beta = (n_3/n_1)$ croît sans que $\alpha = (n_2/n_1)$ varie sensiblement.

b. Qu'en domaine plastique comme en domaine élastique, et pour une même déformation du profil, T croît avec l. La largeur l peut donc servir de repère pour l'appréciation de T.

Cette méthode, qui maintient constants le profil et l'entaille, a l'avantage de ne faire varier que T sans modifier la répartition des contraintes dans le profil, ni la vitesse initiale de déformation v_0.

Nos essais, réalisés à $v_0 =$ const., ont porté sur les aciers suivants :

	(%)								
Acier.	C.	Si.	Mn.	Ni.	Cr.	S.	P.	Autres éléments.	Traitement.
A...	0,16	0,13	0,61	–	–	0,012	0,010	–	Double normalisation
C...	0,89	0,21	0,27	–	–	0,006	0,016	Cu = 0,021	Normalisé et recuit
D...	0,18	0,17	0,46	3,6	0,2	0,009	0,018	Mo = 0,27	id.
E...	0,28	0,41	0,40	0,2	1,5	0,013	0,047	–	Sensibilisé au revenu
F...	0,38	0,28	0,60	1,5	2,9	0,008	0,024	Mo = 0,30	id.
G...	0,05	0,64	10,2	2,1	18,4	–	–	Ti = 0,32	Trempé à l'eau

Les figures 1 et 2 donnent les courbes résilience-température et résilience-largeur l pour l'acier A. Pour les autres aciers, ces courbes ont une allure

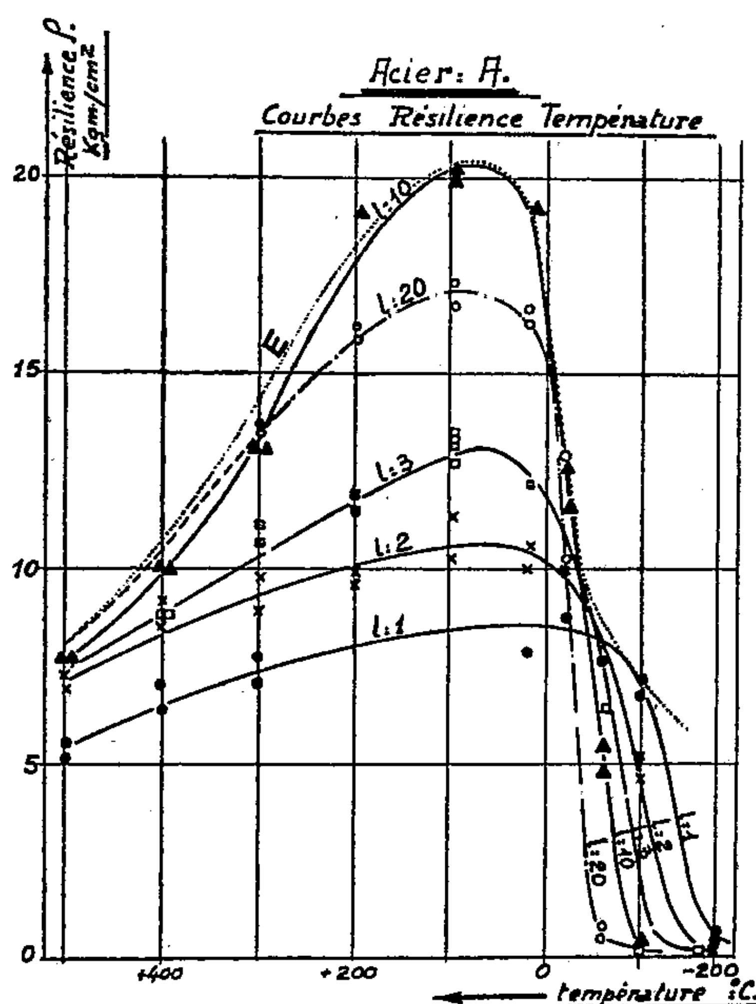


Fig. 1.

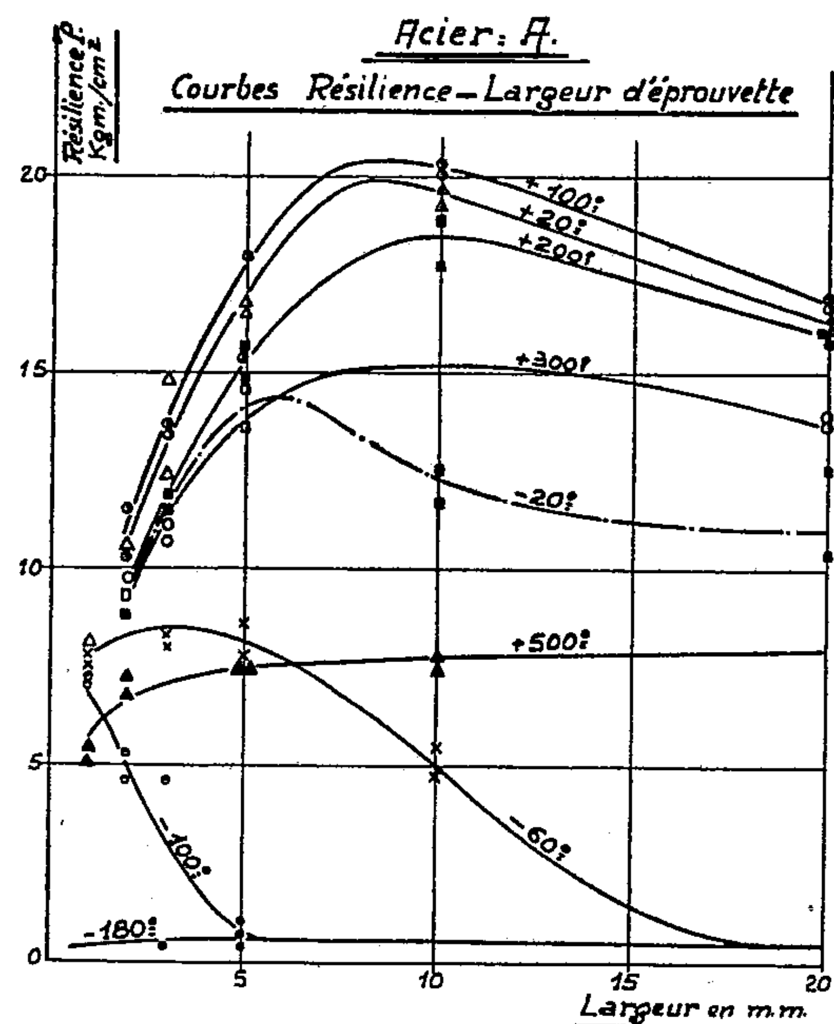


Fig. 2.

analogue. On voit l'analogie de variation du travail spécifique de rupture en fonction de T ou de $1/\theta$.

Par ailleurs, W. H. Hoppmann ([3]), opérant par traction sur du cuivre, a montré que l'énergie de déformation passe par un maximum quand la vitesse de déformation v croît, des ruptures fragiles apparaissant aux grandes vitesses. Enfin, Witman et Stepanoff ([4]) ont montré que la zone de transition des courbes résilience-température se déplace vers les θ croissantes quand v croît.

On constate ainsi une parfaite analogie entre les paramètres T, v et $1/\theta$ de la déformation, que nous appellerons *facteurs fragilisants*. Cette analogie peut s'expliquer simplement par le fait qu'en augmentant l'un quelconque de ces facteurs, toutes choses égales par ailleurs, on fait varier d'une façon analogue les valeurs relatives de la résistance au glissement par rapport à la résistance à la décohésion. Si l'on désigne par F, G et H les trois facteurs fragilisants, on peut énoncer par généralisation les lois suivantes :

a. Si deux facteurs fragilisants restent constants ($G = G_0$, $H = H_0$), la courbe P : travail spécifique de rupture $= \varphi(F)$, passe par un maximum quand F croît, maximum au delà duquel on observe la transition plus ou moins brusque des ruptures non fragiles aux ruptures fragiles.

b. Si l'on maintient constant un seul des facteurs fragilisants ($H = H_0$), la zone de transition et le maximum de la courbe P se déplacent vers les F décroissants quand G croît. Les courbes P restent alors tangentes à une enveloppe E dont le maximum représente le maximum maximorum du travail spécifique de rupture pour $H = H_0$.

c. Par raison de symétrie, ce maximum maximorum passe lui-même par un *maximum absolu* quand H varie à son tour.

Il existerait donc pour un métal donné des valeurs θ_i, v_i et T_i pour lesquelles le travail spécifique de rupture est maximum. Elles peuvent être considérées comme des *caractéristiques intrinsèques* du métal.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Recherches au microscope électronique sur les précipitations dans les alliages d'aluminium*. Note (*) de M. **Raymond Castaing**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Nous avons recherché, à l'aide du microscope, électronique les précipités submicroscopiques qui se présentent lors du revenu d'un alliage aluminium-cuivre à 4 %. Le microscope ordinaire permet de déceler dans des échantillons soumis à un revenu à plus de 150° la présence d'un précipité ($Al_2Cu\theta'$) formé de plaquettes orientées parallèlement aux plans (100) de la matrice d'aluminium. La forme et l'orientation des précipités ne sont nettement discernables que pour des dimensions de l'ordre du micron. Les rayons X permettent

([3]) *Proc. A. S. T. M.*, 47, 1947, p. 533.

([4]) F. F. Witman et V. A. Stepanoff, cités dans *Trans. A. I. M. E.*, 162, 1945, p. 599.

(*) Séance du 4 avril 1949.

d'autre part de constater, avant l'apparition de la phase θ', la présence de zones de précipitation (zones de Guinier-Preston). Notre but a été de chercher à réaliser au moyen du microscope électronique la jonction entre les deux techniques.

Nous avons choisi la méthode de l'empreinte d'oxyde, qui s'applique particulièrement bien, comme l'a montré Geisler (¹), à ce genre d'études. L'échantillon, après polissage électrolytique au bain perchlorique-acétique, était soumis à une oxydation anodique dans une solution saturée de phosphate d'ammonium. La tension utilisée (24 V) conduisait à un film d'oxyde d'une épaisseur voisine de 200 Å. L'avantage fondamental de cette méthode, dans le cas qui nous préoccupe, réside dans le fait qu'elle permet d'éviter toute attaque métallographique consécutive au polissage, attaque qui donne en général un fond granuleux trop intense masquant les fines précipitations. Les plaquettes de précipité sont en effet dissoutes rapidement lors de l'oxydation anodique et du lavage de l'empreinte, et il peut en résulter divers aspects que nous allons passer en revue.

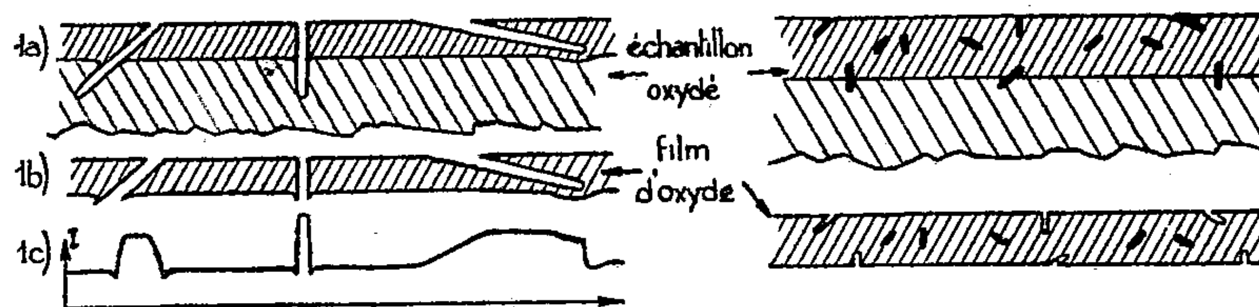


Fig. 1. Fig. 2.

I. Les dimensions des plaquettes sont grandes devant l'épaisseur du film.

Le film d'oxyde a l'allure représentée figure 1 et présente des vides correspondant aux emplacements des plaquettes de précipité. La répartition des intensités électroniques sur la micrographie est représentée figure 1 *c*. Les plaquettes apparaissent en clair sur un positif et leur épaisseur apparente est ε cosec. $\alpha + e$ cotg. α, ε étant l'épaisseur de la plaquette, e celle du film d'oxyde et α l'angle de la plaquette avec la surface de l'échantillon. Pour α voisin de 90°, la plaquette apparaît en section normale et son épaisseur n'est affectée que par l'aberration du microscope (20 Å environ). Pour α voisin de 0, la plaquette est venue à plat et donne l'impression d'être en relief sur la micrographie. Un aspect courant est représenté figure 3 *a*; on remarquera la figure de corrosion révélant les directions des plans (100). Deux de ces plans sont sensiblement orthogonaux à la surface de l'échantillon. Il leur correspond des plaquettes vues en section à peu près normale, d'épaisseur voisine de 100 Å.

(¹) A. H. Geisler et F. Keller, *Trans. A.I.M.E.*, 171, 1947, p. 192-212.

Les plaquettes correspondant à la troisième direction (100) sont presque parallèles à la surface et donnent des traces larges et mal définies.

2° Les dimensions des plaquettes sont petites devant l'épaisseur du film.

L'empreinte a l'allure représentée (*fig.* 2). Certains précipités sont oxydés à l'intérieur du film et leurs produits d'oxydation ne peuvent être dissous par

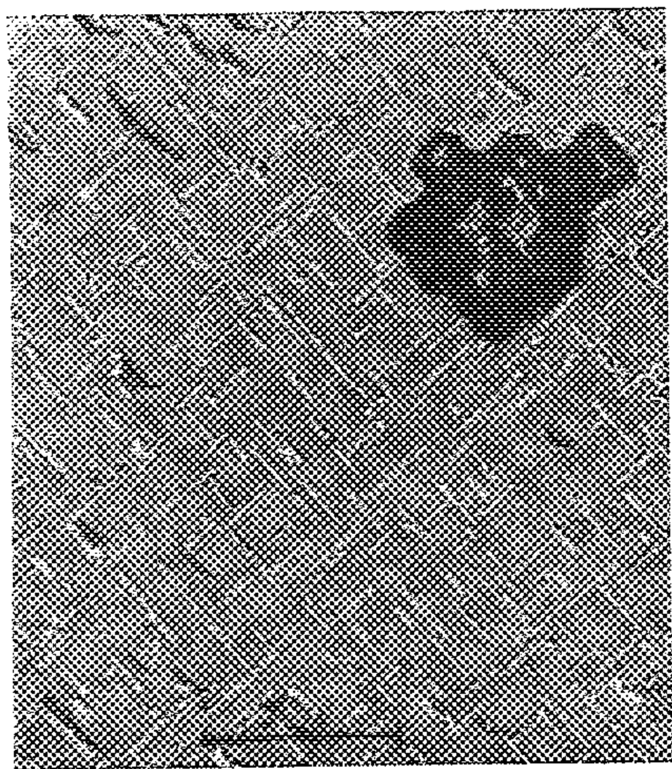


Fig. 3 *a*. — Al/Cu 4 % revenu 36 h. à 200°. G = 20000.

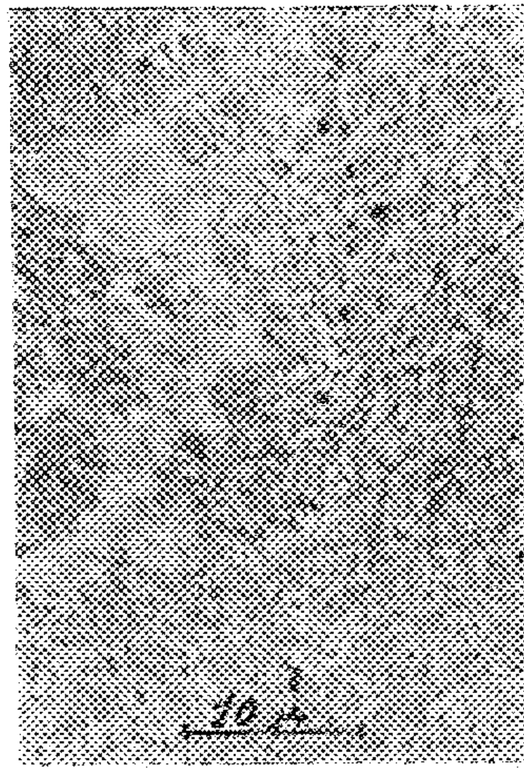


Fig. 3 *b*. — Micrographie ordinaire correspondante. G = 1850.

lavage. Ces précipités apparaîtront en noir sur une micrographie positive (les atomes de cuivre ayant un pouvoir diffusant important). De plus, les plaquettes apparaîtront non en coupe mais en projection sur la micrographie et l'on ne pourra espérer discerner leur orientation que si la surface de l'échantillon est parallèle à un plan (100). Il y a là une cause de limitation dans la finesse des précipités observables plus importante que le pouvoir de résolution du microscope.

Les aspects correspondant à ces deux cas extrêmes, ainsi que tous les aspects intermédiaires, ont pu être vérifiés expérimentalement. La phase θ′, qui seule jusqu'ici a pu être mise en évidence de façon certaine, a été suivie dès le début de sa formation et bien avant qu'elle soit observable aux rayons X. La forme et l'orientation des précipités ont pu être établies jusqu'à des dimensions de l'ordre de 100 × 100 × 30 Å. Les résultats métallographiques de cette étude, concernant en particulier la répartition des précipités au sein du cristal, seront publiés ultérieurement.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Relation entre la grosseur du grain de recristallisation de l'aluminium de haute pureté et ses propriétés mécaniques. Influence des faibles additions sur la grosseur du grain.* Note (*) de M. HENRI CHOSSAT, transmise par M. Pierre Chevenard.

Précédemment nous avons étudié la restauration et la recristallisation d'aluminiums très purs à 99,99 et 99,998 % de pureté, à la suite de divers écrouissages et au cours de recuits, soit isochrones ([1]), soit isothermes ([2]), et nous avons montré le rôle des traces ultimes d'impuretés.

L'objet de cette Note est en premier lieu d'indiquer les conditions qui nous ont permis d'obtenir des échantillons constitués par des grains d'une grosseur déterminée, soit en partant d'aluminium extra-pur, soit avec du métal pur renfermant de faibles quantités (0,1 à 0,7 %) de métaux purs, Fe, Mg, Si et Zn.

Dans le cas de l'aluminium 99,99 % écroui de 95 %, la grosseur du grain de recristallisation varie dans de larges limites depuis 900 grains/mm² pour un recuit de 30 minutes à 320°, jusqu'à 17 grains/mm² à 500°. Dans cet intervalle, la grosseur moyenne des cristaux varie suivant une loi exponentielle en fonction de la température (*fig.* 1). Au delà de 500°, cette loi n'est plus valable, vraisemblablement par suite d'un phénomène de recristallisation secondaire.

Cette loi exponentielle se vérifie également pour les aluminiums impurs, mais dans un intervalle de température plus étroit de 320 à 410° pour Al-Zn à 0,1 % Zn, de 320 à 470° pour Al-Si à 0,5 % Si, de 320 à 500° pour Al-Mg à 0,12 % Mg. Les courbes de la figure 1 montrent en outre que de faibles additions de magnésium, de silicium ou de zinc tendent à donner, surtout pour des températures de recuit peu supérieures à celle de la recristallisation, un grain plus gros que celui de l'aluminium pur. Au contraire, l'addition de fer conduit à un affinement du grain (Al-Fe à 0,1 % Fe).

En second lieu, nous avons déterminé la variation des propriétés mécaniques de l'aluminium 99,99 % en fonction de la grosseur du grain. La figure 2 montre les résultats obtenus sur microéprouvettes à l'aide d'une micromachine de traction Chevenard. La limite élastique E et la charge de rupture R restent sensiblement constantes et égales respectivement à 2 kg/mm² et à 8 kg/mm² depuis N = 900 grains/mm² jusqu'à N = 75 grains/mm². La valeur des allongements atteint un maximum pour N = 300 grains/mm².

Au-dessous de N = 75 grains/mm², les trois propriétés mécaniques subissent une chute rapide et simultanée. Nous n'avons pas effectué d'essai pour des

---

(*) Séance du 11 avril 1949.

([1]) H. CHOSSAT, M. MOUFLARD, P. LACOMBE et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 293.

([2]) H. CHOSSAT, P. LACOMBE et G. CHAUDRON, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 593.

grosseurs de grains supérieures à 17 grains/mm². D'après les résultats antérieurs d'autres auteurs, on pourrait conclure que la courbe représentant la variation de A % en fonction de N doit admettre un minimum (courbe poin-

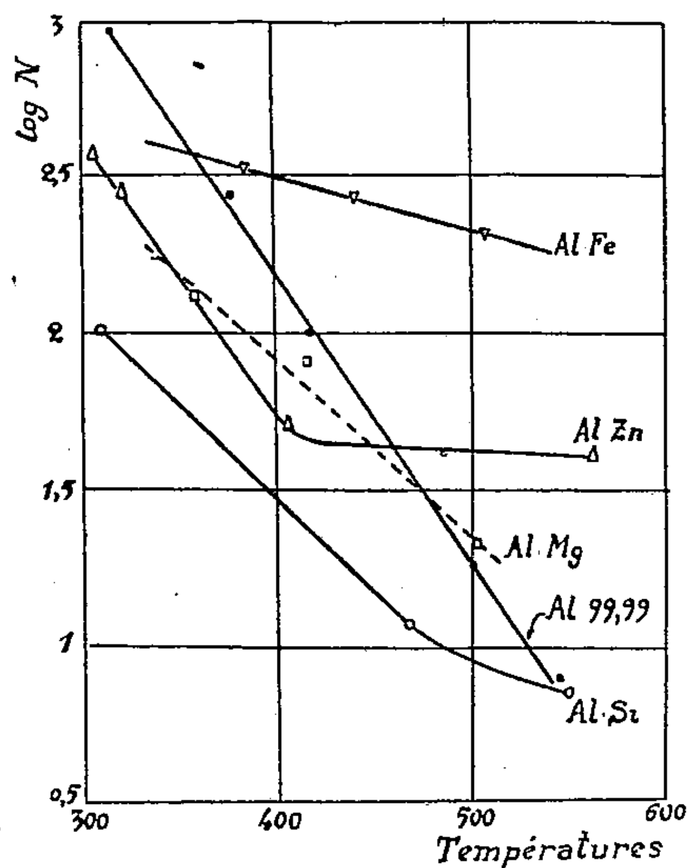


Fig. 1.

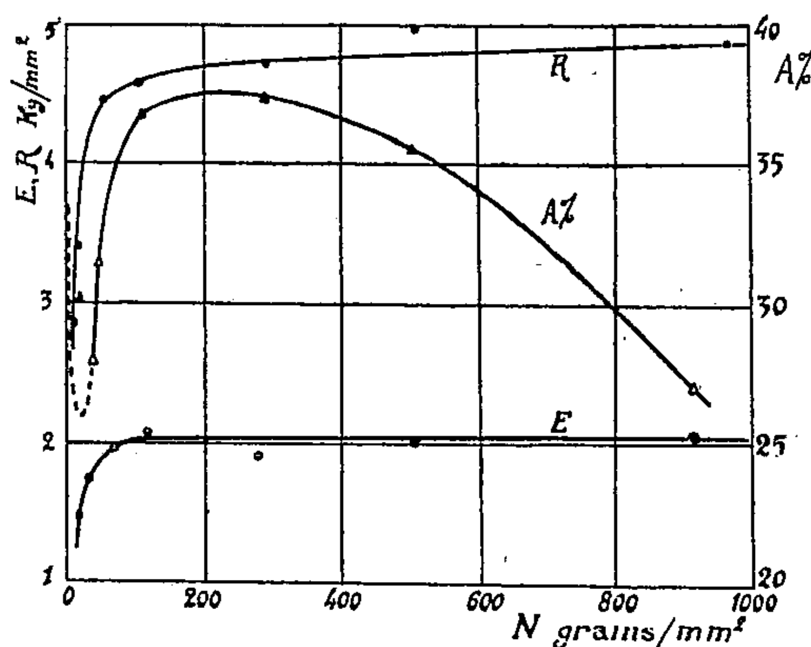


Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de la grosseur du grain en fonction de recuits isochrones de 30 minutes à différentes températures pour l'aluminium pur 99,99 % et pour différents aluminiums impurs. (Al-Fe à 0,1 %; Al-Zn à 0,1 %; Al-Mg à 0,12 % et Al-Si à 0,5 %.)

Fig. 2. — Variation de E, R et A % (mesurés sur micro-éprouvette de 6 mm de long) de l'aluminium pur 99,99 % en fonction du nombre de grains par mm².

tillée de la figure 2) puisqu'il a été possible de mesurer sur monocristaux des allongements de l'ordre de 70 %, du moins pour certaines orientations ([3]).

Les aluminiums à faibles additions montrent des variations dans le même sens que l'aluminium pur, mais les résultats sont beaucoup plus dispersés.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Comparaison des diagrammes moléculaires orbitaux de chaînes polyéniques linéaires avec certains de leurs dérivés azotés.* Note de MM. **René Gouarné** et **Pierre Yvan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons étudié, par la méthode des orbitales moléculaires ([1]), les dérivés aminés de l'éthylène, du butadiène et de l'hexatriène, ainsi que ceux obtenus en remplaçant un des atomes de carbone de ces trois hydrocarbures par un

([3]) V. Göler et G. Sachs, *Z. Tech. Phys.*, 8, 1927, p. 594.

([1]) *Voir*, par exemple, C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A, 191, 1947, p. 40.

atome d'azote. Nous avons adopté, pour l'azote, $\alpha_N = \beta$, et pour les carbones voisins, $\alpha_c = 0,1\ \beta$.

Plusieurs auteurs [2] ont montré que la charge de l'azote est d'autant plus élevée que la valence libre du carbone sur lequel il est fixé, ou qu'il remplace, est elle-même plus grande dans l'hydrocarbure correspondant.

TABLEAU I.

Nom du composé.		Charge (I) et valence libre (II) des atomes de carbone nos 1.	2.	3.	4.	5.	6.	Charge de l'azote.
Éthylène	I...	1,0	1,0	–	–	–	–	–
	II...	0,68	0,68	–	–	–	–	–
1-aminoéthylène	I...	0,953	1,265	–	–	–	–	1,782
	II...	0,33	0,80	–	–	–	–	–
N 1-éthylène	I...	–	0,590	–	–	–	–	1,410
	II...	–	0,77	–	–	–	–	–
Butadiène	I...	1,0	1,0	1,0	1,0	–	–	–
	II...	0,79	0,34	0,34	0,79	–	–	–
1-aminobutadiène	I...	0,914	1,226	0,984	1,156	–	–	1,721
	II...	0,38	0,43	0,33	0,82	–	–	–
2-aminobutadiène	I...	1,233	0,967	1,008	0,982	–	–	1,810
	II...	0,88	0,04	0,37	0,77	–	–	–
N 1-butadiène	I...	–	0,700	1,028	0,765	–	–	1,506
	II...	–	0,41	0,32	0,82	–	–	–
N 2-butadiène	I...	0,683	–	1,004	0,975	–	–	1,337
	II...	0,84	–	0,36	0,78	–	–	–
Hexatriène	I...	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–
	II...	0,81	0,33	0,41	0,41	0,33	0,81	–
1-aminohexatriène	I...	0,896	1,179	0,970	1,136	0,996	1,123	1,701
	II...	0,40	0,41	0,39	0,44	0,32	0,83	–
2-aminohexatriène	I...	1,219	0,970	1,013	0,987	1,002	0,993	1,816
	II...	0,89	0,03	0,44	0,40	0,33	0,81	–
3-aminohexatriène	I...	0,965	1,012	0,942	1,176	0,989	1,149	1,767
	II...	0,79	0,36	0,09	0,47	0,32	0,83	–
N 1-hexatriène	I...	–	0,742	1,052	0,817	1,010	0,839	1,542
	II...	–	0,40	0,38	0,44	0,22	0,73	–
N 2-hexatriène	I...	0,719	–	1,004	0,975	0,999	0,972	1,331
	II...	1,23	–	0,43	0,41	0,33	0,81	–
N 3-hexatriène	I...	1,013	0,994	–	0,770	1,019	0,801	1,402
	II...	0,79	0,35	–	0,45	0,12	0,64	–

(2) *Voir*, par exemple, R. DAUDEL et M. MARTIN, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, p. 559-566, et C. A. COULSON, P. et R. DAUDEL, *ibid.*, p. 1181-1183.

TABLEAU II.

Nom du composé.	Indice de liaison des atomes n°s 1 et 2.	2 et 3.	3 et 4.	4 et 5.	5 et 6.	Indice de liaison N—C.
Ethylène	1,0	–	–	–	–	–
1-aminoéthylène	0,877	–	–	–	–	0,477
N 1-éthylène	0,912	–	–	–	–	–
Butadiène	0,894	0,447	0,894	–	–	–
1-aminobutadiène	0,760	0,494	0,857	–	–	0,542
2-aminobutadiène	0,804	0,405	0,910	–	–	0,432
N 1-butadiène	0,767	0,503	0,856	–	–	–
N 2-butadiène	0,842	0,417	0,903	–	–	–
Hexatriène	0,871	0,483	0,785	0,483	0,871	–
1-aminohexatriène	0,721	0,550	0,741	0,503	0,855	0,562
2-aminohexatriène	0,788	0,437	0,800	0,478	0,874	0,425
3-aminohexatriène	0,895	0,429	0,689	0,517	0,847	0,476
N 1-hexatriène	0,721	0,562	0,734	0,506	0,953	–
N 2-hexatriène	0,455	0,453	0,793	0,481	0,870	–
N 3-hexatriène	0,891	0,438	0,711	0,519	1,045	–

TABLEAU III.

Nom du composé.	Excès de charge de N.	Valence libre du C correspondant.	Nom du composé.	Excès de charge de N.	Valence libre du C correspondant.
1-aminohexatriène	+0,299	0,81	N 1-hexatriène	−0,542	0,81
1-aminobutadiène	+0,279	0,79	N 1-butadiène	−0,506	0,79
1-aminoéthylène	+0,218	0,68	N 1-éthylène	−0,410	0,68
3-aminohexatriène	+0,233	0,41	N 3-hexatriène	−0,402	0,41
2-aminobutadiène	+0,190	0,34	N 2-butadiène	−0,337	0,34
2-aminohexatriène	+0,184	0,33	N 2-hexatriène	−0,331	0,33

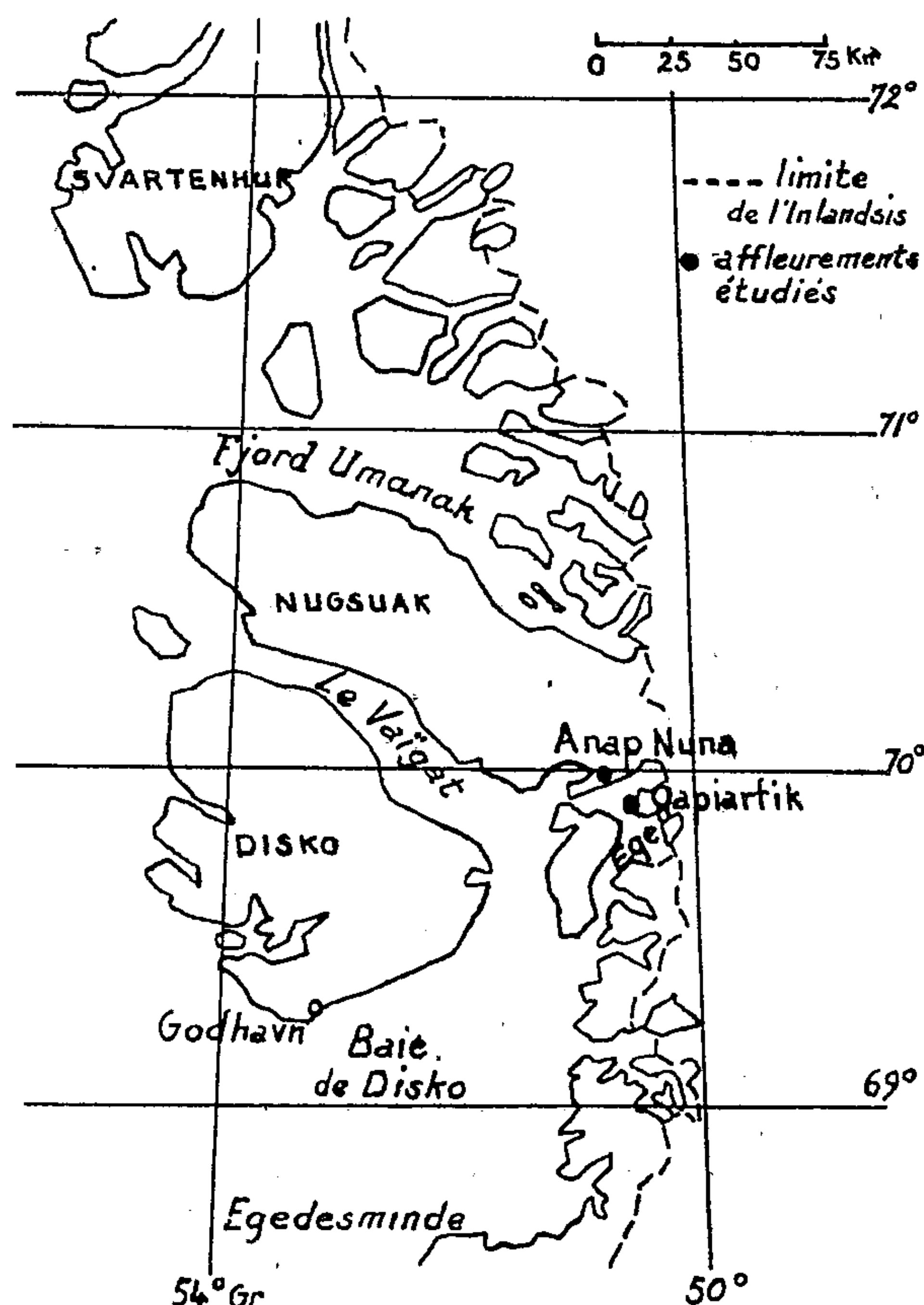
Le but de cette étude est de vérifier cette règle générale pour les corps considérés. Les valeurs données pour les trois hydrocarbures ont été publiées par C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins (³). La numérotation des carbones est, pour tous ces corps : $\underset{1}{C}—\underset{2}{C}—\underset{3}{C}—\underset{4}{C}—\underset{5}{C}—\underset{6}{C}$. La loi énoncée, qui se vérifie sur chacun des 3 squelettes considérés, se vérifie en outre ici sur l'ensemble des dérivés hétéroatomiques.

(³) *La Rev. Scient.*, **3280**, 1947, p. 929-937.

GÉOLOGIE. — *Sur le Pré-cambrien de Qapiarfik, Baie de Disko, Groenland occidental.* Note (*) de MM. **Jean N. Malaurie** et **M. Boyé**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Au cours de l'Expédition Paul-Émile Victor au Groenland 1948-1949, nous avons observé à Qapiarfik (Baie de Disko, Eq., 69°51′ N., 50°20′ W.) les faits suivants :

1. A 500^{m} S.-S.-W. du littoral (Cairn, E.F.G.), à 185^{m} d'altitude, repose sur des gneiss et schistes cristallins une série peu métamorphique de 11^{m} d'épaisseur, d'un pendage de 32° E.-N.-E. Au-dessus d'un conglomérat calcaire



Section centrale de la côte Ouest au Groenland.

bréchoïde de base de 2^{m},40 d'épaisseur, la succession est la suivante : sur 80^{cm}, on a une alternance de schistes ou phtanites verdâtres et de lits gréseux, couleur chamois, caverneux et métamorphisés. Leur succèdent, sur 1^{m},20, des calcaires,

(*) Séance du 11 avril 1949.

gris à la base, ocres au sommet qui passent à des calcaires gréseux, concrétionnés et bréchiques (0m,40 d'épaisseur). Des schistes finement gréseux à la base (moules de pyrites carrés), chloriteux au sommet les surmontent sur 1m,20. Au-dessus d'un niveau gréso-schisteux, localement plissotté, de couleur rouille sombre en surface, à cassure esquilleuse, et à stratification entrecroisée, la série passe sans discordance apparente à des schistes. Une faille limite l'affleurement au N.-W.

2. Dans la même région de l'Eqe, nous avons observé à Qapiarfik (cote 821) se développant du pied du relief (400m) au sommet, un complexe de quartzites à stratifications fines, parfois entrecroisées. A la cote 650, on note des ripple-marks. A Anap Nuna (Baie de Satut) s'intercale dans le cristallophyllien un banc de calcaire marmorisé.

Il ressort de la première coupe (cote 185) qu'il y aurait lieu de distinguer une discordance stratigraphique importante, deux cycles orogéniques dans le Pré-cambrien du Groenland Occidental (Baie de Disko), si toutefois la série supérieure est bien anté-cambrienne comme il est convenu de l'admettre. Ces observations sont à rapprocher de celles faites antérieurement par M. E. C. Wogman du Cap Farewell à Julianehaab, au Sud (1), par M. Lauge Koch au Nord (2). Les séries pré-cambriennes du Groenland méridional paraissent devoir se relier ainsi aux séries analogues du Nord par l'intermédiaire de la formation de Qapiarfik. MM. Arne Noe-Nygaar et Rosenkrantz ont eu le pressentiment de telles découvertes dans la région de Svartenhuk (3).

BOTANIQUE. — *Sur la ramification des vrilles de la Vigne* (Vitis vinifera *L.*) *et de la Vigne-vierge* (Parthenocissus quinquefolia *Pl.*). Note (*) de M. **François Bugnon** et Mlle **Monique Trahard**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les vrilles de la Vigne n'ont souvent qu'une seule bifurcation apparente; même dans les variétés où la vrille est plus complexe, le nombre des bifurcations apparentes se réduit à deux ou trois, et c'est le bras externe seulement qu se ramifie (1).

Chez la Vigne-vierge, le nombre des bifurcations apparentes des vrilles est plus élevé; il était donc indiqué, pour étudier le mode de ramification des

(1) *Geological Investigations in Southern Greenland* (*Medd. om Grönl.*, 113, n° 2, 1938).

(2) *Geologie von Grönland*, Berlin, Brontraegen, 1935.

(3) *A Geological Reconnaissance of the Southern Part of the Svartenhuk Peninsula, West Greenland.* (*Medd. om Grönl.*, 135. No 3 Kobh. 1942.)

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 937.

vrilles chez les Vignes, de s'adresser en outre à la Vigne-vierge. D'après les auteurs antérieurs, dans une vrille de Vigne-vierge, bractées et rameaux se trouveraient dans un seul plan phyllotaxique, coïncidant d'ailleurs avec celui du sarment; cette disposition a été traduite dans un diagramme par Troll ([2]), partisan de la théorie sympodiale.

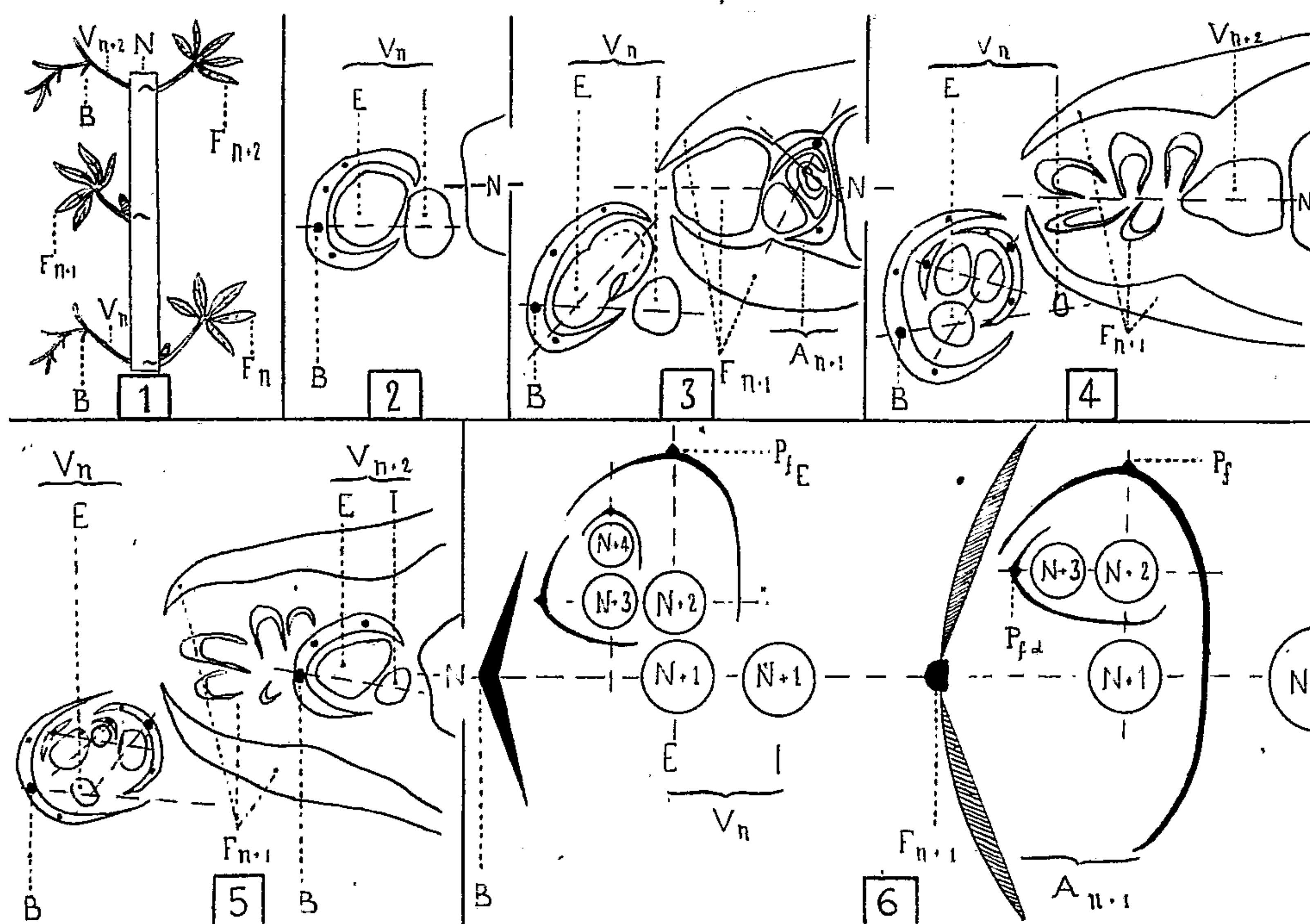


Fig. 1. — Schéma d'une portion de sarment de Vigne-vierge portant trois feuilles alternes-distiques; au nœud inférieur, il y a une feuille végétative F_n et une vrille opposée V_n; au nœud superposé, la feuille F_{n+1} existe seule; le nœud suivant porte à nouveau une vrille, V_{n+2}, à l'opposé de la feuille F_{n+2}.

Fig. 2 à 5. — Dessins effectués à la chambre claire à partir de coupes transversales en série dans un bourgeon terminal de sarment de Vigne-vierge (Gr. : environ 15). La vrille V_{n+2} est coupée dans son hypoclade, dans la figure 4. Elle est coupée un peu au-dessus de la séparation de ses deux bras, dans la figure 5; il en est de même de la vrille V_n dans la figure 2. La vrille V_n apparaît avec ses ramifications successives dans les figures 3, 4 et 5, correspondant à des niveaux de plus en plus élevés; le sommet du bras interne I se trouve sur la figure 4. La feuille F_{n+1} est coupée un peu au-dessus de son aisselle dans la figure 3; entre son pétiole et ses deux stipules, on aperçoit le bourgeon axillaire A_{n+1}; aux niveaux supérieurs, dans les figures 4 et 5, elle apparaît encore par son limbe et ses deux stipules. Par torsion propre, ou par compression due à la feuille enveloppante dans le bourgeon, la vrille V_n se trouve déjetée d'un côté du plan phyllotaxique du sarment.

Fig. 6. — Diagramme de la vrille V_n et de la feuille F_{n+1} avec son bourgeon axillaire A_{n+1}. Pf, préfeuille du rameau axillaire N + 1; P_{fd}, préfeuille du bourgeon dormant N + 2; P_{fE}, préfeuille du bras externe de la vrille. Le plan phyllotaxique du sarment N et les plans phyllotaxiques qui correspondent aux préfeuilles des rameaux successifs sont figurés en traits interrompus; les croisements de ces plans sont tous supposés à angle droit.

([2]) *Vergl. Morph. der höheren Pfl.*, 1, 1re partie, 1937, p. 841-842, figure 663.

Or, des coupes en série au microtome, effectuées dans des bourgeons terminaux de sarments de Vigne-vierge, nous permettent d'affirmer l'inexactitude de ce diagramme et de la description correspondante.

Comme dans la Vigne : 1° la première bractée B et les deux bras I et E qu'elle porte dans son aisselle sont, à l'origine, dans le plan phyllotaxique du sarment; 2° le bras externe E est seul à se ramifier et la première bractée qu'il porte a tous les caractères de la préfeuille d'un rameau végétatif d'ordre N + 1 né sur un sarment d'ordre N; 3° la partie du bras externe située au-dessus de sa préfeuille ne présente pas d'autre organe foliaire développé.

Le rameau N + 2, né dans l'aisselle de cette préfeuille, se comporte comme le rameau N + 1 : il présente, à une certaine distance de sa base, une préfeuille, axillante d'un rameau N + 3, puis se termine sans porter d'autre organe foliaire développé; et ainsi de suite pour les rameaux N + 3, N + 4, etc., de telle manière que les plans phyllotaxiques passant par la nervure principale de chaque préfeuille, par le bourgeon axillaire de celle-ci et par le rameau support, se croisent à angle droit ou plus ou moins obliquement d'un rameau au suivant (*fig.* 1 à 6).

En résumé, le bras externe des vrilles considérées représente, par son mode de ramification, un sympode typique, dont chacun des segments superposés n'a qu'une seule feuille développée, sa préfeuille, à l'aisselle de laquelle naît le segment d'ordre supérieur; *mais les plans phyllotaxiques définis par la nervure principale et le bourgeon axillaire des préfeuilles successives se croisent régulièrement, comme pour les rameaux végétatifs du sarment.*

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence du climat et du sol sur l'alimentation azotée de la Vigne sous climat atlantique.* Note (*) de MM. **P.-J.-J. Franc de Ferrière, Jean Grenier de Ruère** et **Sylvain Siméon**, présentée par M. Albert Demolon.

La présente Note résume la première partie d'un travail de recherches sur l'alimentation de la Vigne en éléments fertilisants N, P, K effectué en 1947 et 1948 sur 18 vignobles de la zone climatique atlantique française (Madiranais, Armagnac, Bordelais, Charente, Gaillacois, Champagne), en utilisant séparément les méthodes du diagnostic foliaire de Lagatu et Maume, et l'analyse chimique des sols superficiels des vignobles. Elle porte plus particulièrement sur l'intensité d'alimentation en azote. Les résultats d'analyse portent exclusivement et uniformément sur les prélèvements effectués *fin floraison de la Vigne.*

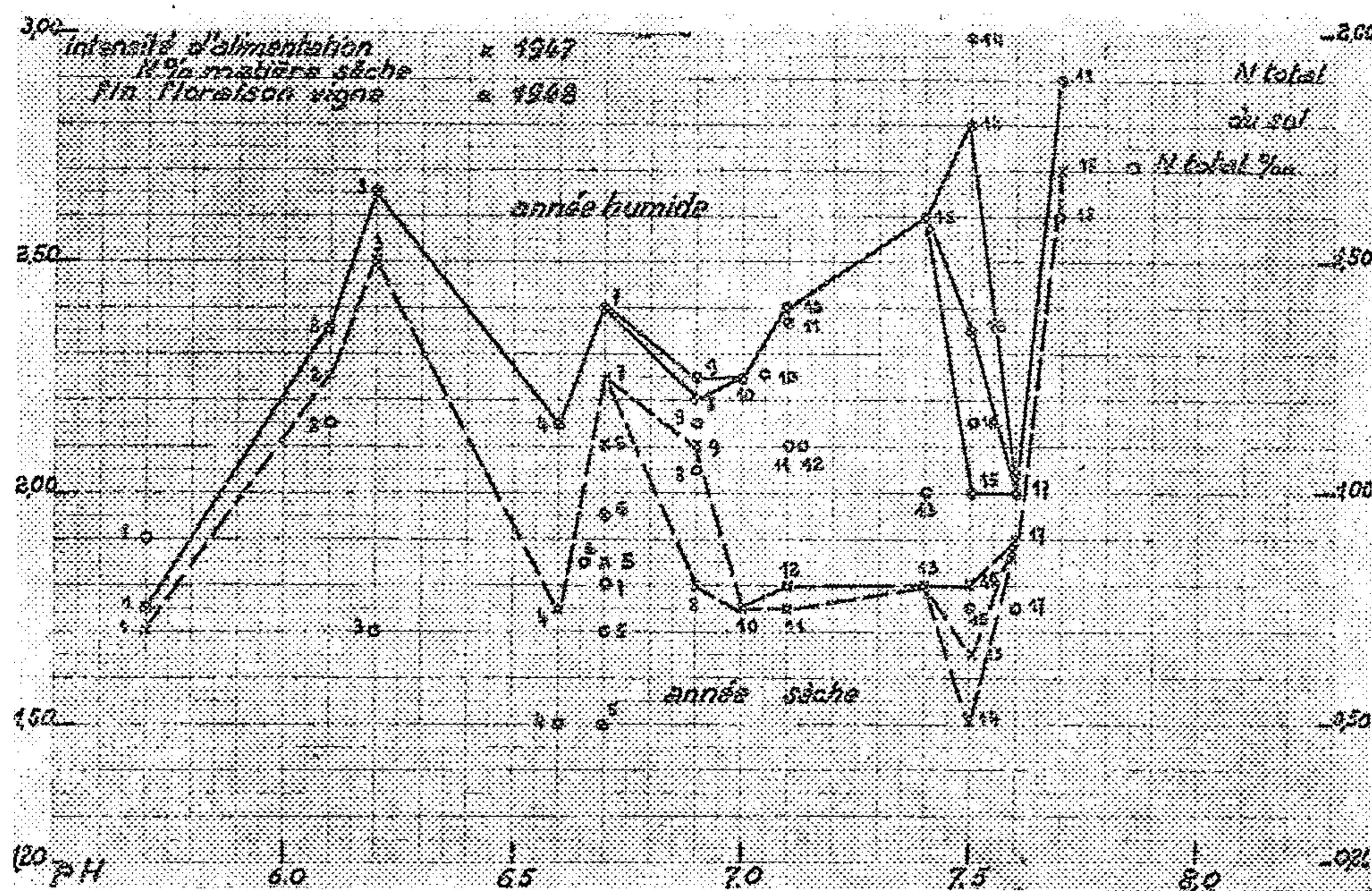
Dans les régions considérées les deux années climatiques 1947 et 1948 ont été très différentes au point de vue pluviosité, le printemps 1947 a été sec, le printemps 1948 très pluvieux.

Nous avons porté sur le graphique, en ordonnée, les intensités d'alimentation en N % de la matière sèche des feuilles, en abscisse, les pH des sols correspondants, ce qui nous a donné deux courbes superposées. L'influence de quatre facteurs a été mise en évidence :

(*) Séance du 11 avril 1949.

1. *Influence du climat.* — Elle apparaît nettement dominante : pour 16 prélèvements de feuilles, sur les 18 effectués, l'alimentation azotée s'est trouvée nettement supérieure en 1948 (année humide) à celle de 1947 (année sèche).

2. *Influence du* pH *du sol.* — *a.* Les courbes correspondant aux deux années 1947 et 1948 sont sensiblement parallèles pour les divers pH sauf *entre* pH 7 *et* pH 7,5 *où l'écart est beaucoup plus accentué entre les alimentations en azote observées.* Cet écart est marqué par l'abaissement uniforme de la courbe de 1947 (année sèche) entre les pH 7 et 7,5 jusqu'à des chiffres d'N compris entre 1,50 et 1,80 %. Cet abaissement n'est pas imputable à une teneur trop basse en azote total des sols correspondants (voir échelle de droite du graphique).



b. A l'acidité excessive du sol du vignoble 1 (pH 5,7) correspond une baisse importante de l'assimilation azotée, aussi bien en année sèche (1947) qu'en année humide (1948).

3. *Influence de la pauvreté excessive du sol en azote.* — Le sol du vignoble 4 ne contient que 0,50 ‰ d'N total. La teneur en N de la feuille s'y abaisse, surtout en année sèche aussi bas que dans la zone des dépressions d'alimentation dues au pH (extrême acidité et zone pH 7 — 7,5).

4. *Cas d'une alimentation azotée anormale.* — Une assimilation azotée anormale a été observée dans deux vignobles (5 et 6) : l'alimentation azotée s'y est montrée plus faible en 1948 (année humide) qu'en 1947 (année sèche). Remarquons qu'il s'agit de vignobles de la région bordelaise sur sols de graves très grossières : le sol 5 contient 17,7 % de cailloux d'une taille supérieure à 2^{mm},

le sol 6 : 27,3 %. De plus ces sols contiennent l'un 0,70, l'autre 0,85 ‰ d'N total, ce qui dénote une pauvreté marquée en humus. Nous reviendrons sur ce cas.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le rôle sélectif de l'aspect phénotypique des variétés de l'Escargot des bois* (Cepaea nemoralis). Note (*) de M. **Maxime Lamotte**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les deux espèces polymorphiques d'Escargots *Cepaea nemoralis* et *Cepaea hortensis*, qui ne diffèrent spécifiquement que par des caractères peu apparents dans l'aspect extérieur de l'animal, renferment l'une et l'autre des individus *pourvus ou dépourvus de bandes sombres* sur le fond clair, jaune ou rose, de la coquille. L'absence de bandes y est déterminée par un gène inhibiteur dominant *SB*.

Dans les deux espèces, le pourcentage des escargots sans bandes est très variable selon les localités et certains auteurs ont attribué ce fait à une valeur sélective des phénotypes différant selon les biotopes, le degré de protection, par camouflage, dû à la présence de bandes, dépendant du milieu environnant.

L'existence de populations *mixtes*, où *C. n.* et *C. h.* se trouvent vivre intimement mélangées, sans s'hybrider toutefois, permet d'étudier ce rôle de l'aspect phénotypique dans la sélection. En effet, si c'est en fonction de l'aspect extérieur des individus que le milieu exerce un rôle sélectif variable, on devra observer des variations parallèles dans les compositions des populations des deux espèces vivant dans les mêmes stations : l'abondance, ou la rareté, des individus sans bandes ira de pair chez *C. n.* et *C. h.*

Une soixantaine de telles colonies *mixtes*, provenant de la région parisienne, ont été étudiées dans ce but. Les résultats trouvés sont représentés par le diagramme ci-joint, où chaque point correspondant à une colonie, a pour abscisse le pourcentage des individus sans bandes chez *C. n.* et pour ordonnée ce pourcentage chez *C. h.*

La dispersion importante des points montre déjà, à première vue, qu'aucune corrélation notable n'existe entre les deux variables et une analyse statistique plus précise confirme pleinement cette impression. En effet, le rapport de corrélation ([1]) trouvé est :

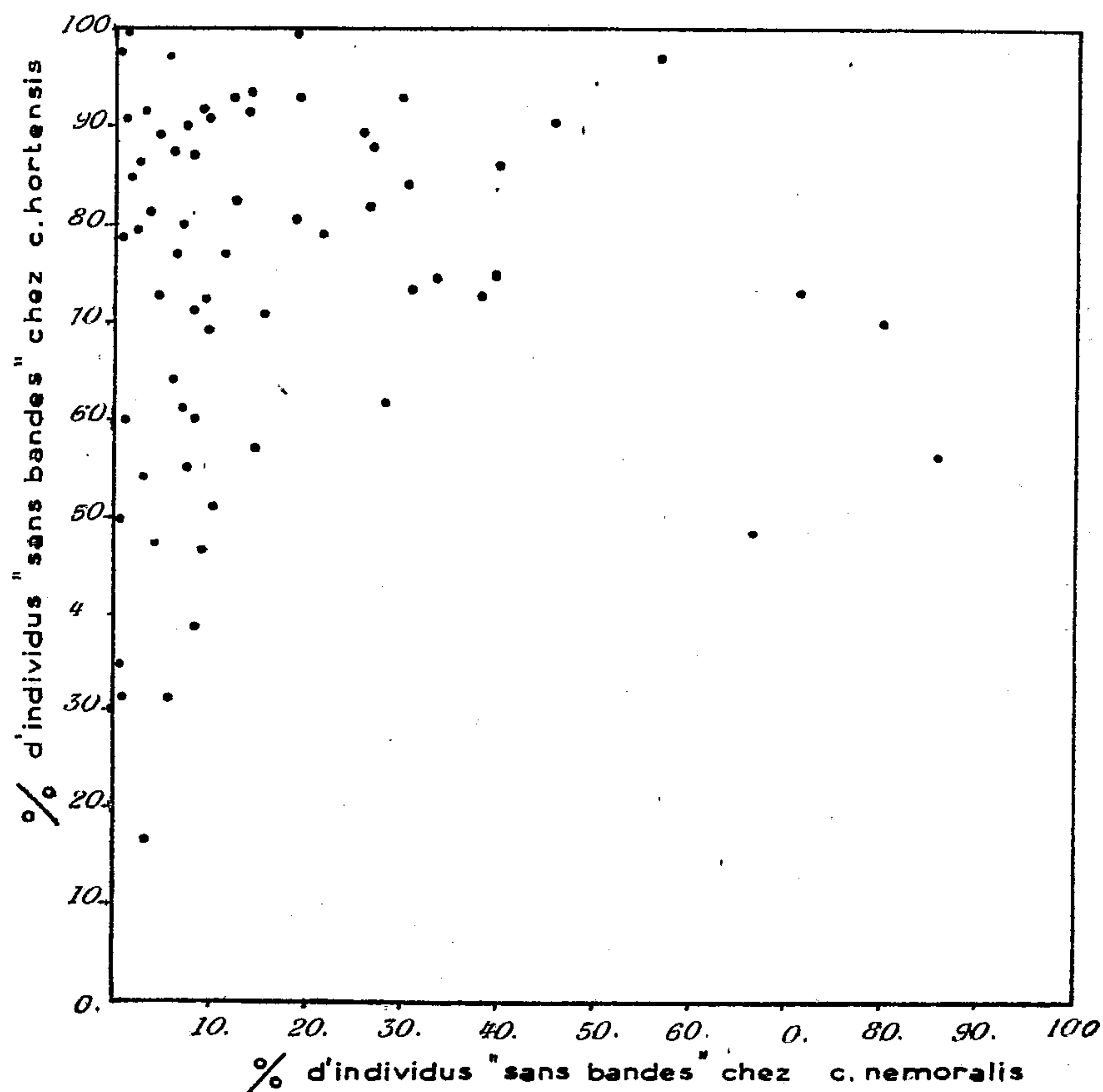
$$\eta^2_{\frac{y}{x}} = 1 - \frac{20,983}{23,810} = 0,088.$$

Il est facile de voir que cette faible corrélation ne diffère pas significati-

(*) Séance du 11 avril 1949.

([1]) Il est nécessaire d'employer le *rapport de corrélation* et non le *coefficient de corrélation*, car la régression n'est manifestement pas linéaire.

vement de zéro. Le pourcentage de la variété sans bandes chez une espèce est donc pratiquement sans rapport avec ce pourcentage chez l'autre espèce, dans une colonie où elles vivent mélangées.



On peut en conclure que les différences du pourcentage du caractère *sans bandes* observées dans les diverses populations de *Cepaea nemoralis*, comme d'ailleurs de *C. hortensis*, ne sont pas, au moins en première approximation, sous la dépendance d'une action sélective due à la manifestation phénotypique du caractère.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Mutation induite chez un virus par irradiation ultraviolette de cellules infectées.* Note (*) de M. **Raymond Latarjet**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La production expérimentale de mutations chez les virus s'est heurtée jusqu'ici aux difficultés que l'on éprouve à dénombrer les particules virulentes

(*) Séance du 11 avril 1949.

et leurs mutants. Pourtant, des expériences ont déjà suggéré que certaines radiations pourraient induire de telles mutations ([1]), ([2]).

L'emploi de virus des bactéries (bactériophages) permet la numération précise et rapide des virus et la détection aisée de certains mutants. Ainsi, le virus T2, actif sur la bactérie *Escherichia coli*, souche B, n'attaque pas la souche B/2, tandis que son mutant T'2 attaque cette dernière qui peut donc servir à le détecter exclusivement ([3]). J'ai cherché à induire la mutation T2 → T'2 en utilisant des souches B, B/2 et T2 très stables. Comme les mutations spontanées se produisent probablement pendant la vie intracellulaire du virus ([4]) j'ai d'abord opéré sur le virus pendant sa croissance dans B.

Une culture de B en phase de croissance est infectée avec le virus T2 de façon que chaque bactérie infectée ne contienne initialement qu'un seul virus (infection simple). A un instant donné de la période latente de 22 minutes — qui s'écoule entre l'infection et la lyse bactérienne, laquelle libère en moyenne 130 virus par bactérie infectée — un échantillon est soumis au rayonnement ultraviolet contrôlé et dosé d'une lampe à vapeur de mercure à basse pression. *Avant l'expiration de la période latente*, on détermine dans l'échantillon irradié et dans le témoin non irradié : 1° par ensemencement sur B, le nombre total *a* de cellules infectées qui libèrent des virus; 2° par ensemencement sur B2, le nombre *b* de cellules qui libèrent des virus T'2. En cas de mutations induites, le rapport *b/a* sera plus élevé chez l'échantillon irradié que chez le témoin (chez ce dernier, le rapport *b/a*, indépendant de l'instant auquel l'essai est pratiqué, était constamment égal à 15 pour 10^6 dans cette série d'expériences). Tel est le principe de la *méthode d'essais intracellulaires* qui, en l'occurence, présente des avantages sur les autres méthodes d'essais possibles.

L'irradiation a été pratiquée au cours des 3 périodes précédemment distinguées dans la croissance de ce virus ([5]), et tous les résultats ont été consignés sur la figure.

Pendant les sept premières minutes, période qui précède la multiplication proprement dite, les centres infectés ne contiennent qu'un virus et sont très sensibles au rayonnement. On ne peut donc pas administrer de doses fortes; les résultats obtenus restent douteux et peu cohérents.

Pendant la multiplication (7-13° minutes), on observe, après un seuil situé vers 3000 ergs : mm^{-2}, une croissance régulière du taux de mutations jusqu'à

([1]) G. A. KAUSCHE et H. STUBBE, *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 501.

([2]) J. W. GOWEN, *Cold Spring Harbor Symposia*, 9, 1941, p. 187.

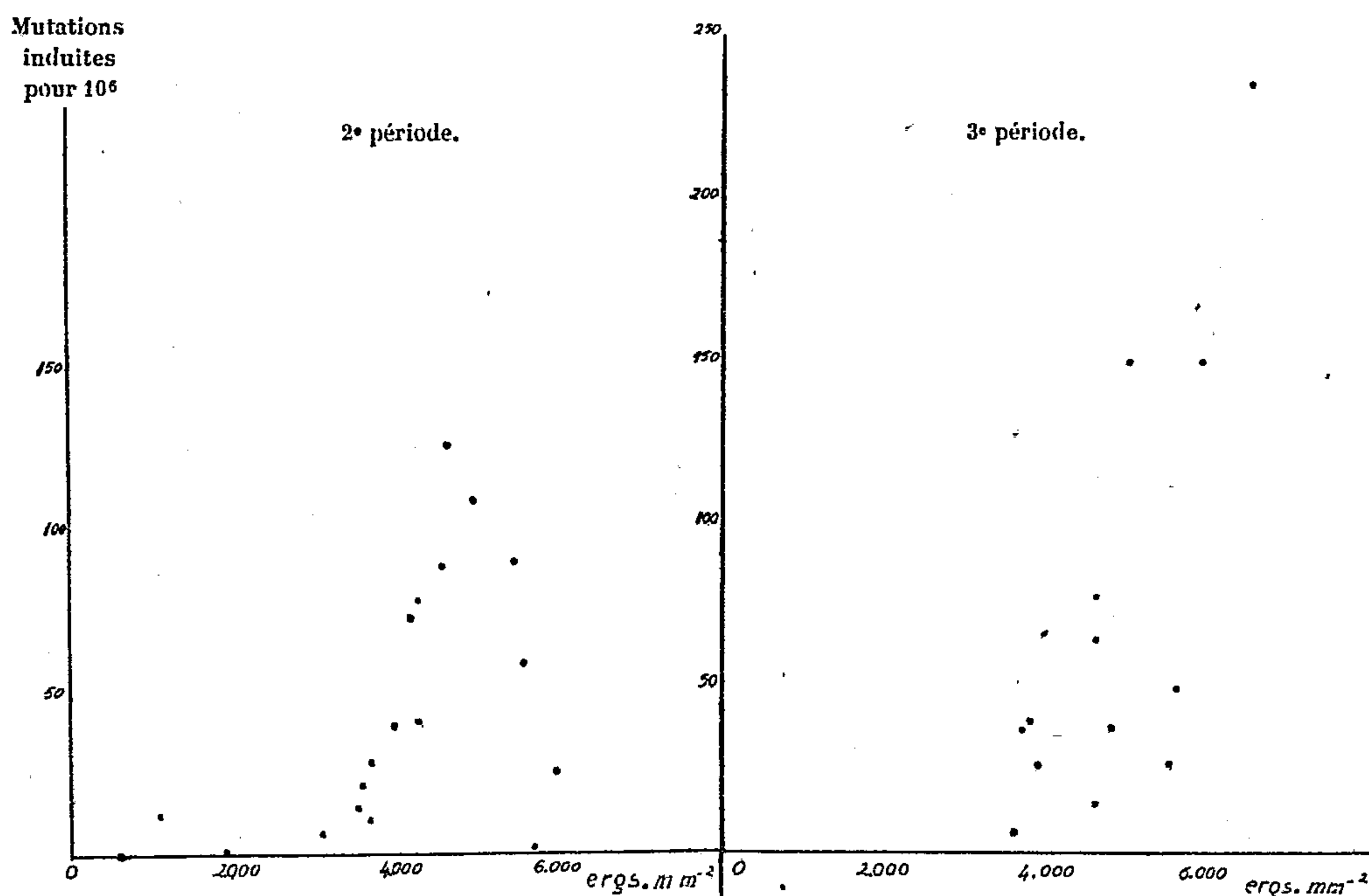
([3]) S. E. LURIA, *Ann. Missouri bot. Garden*, 32, 1945, p. 235.

([4]) A. D. HERSHEY, *Cold Spring Harbor Symposia*, 11, 1946, p. 67.

([5]) R. LATARJET, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 825 et *J. gen. Physiol.*, 31, 1948, p. 529.

un maximum de 150 pour 10^6, suivi d'une décroissance paradoxale déjà observée chez des bactéries (6) et chez des spores (7).

Après la 13e minute, on obtient des résultats plus dispersés, avec le même seuil et une ascension plus accusée. Le taux maximum de mutations induites obtenu à ce jour est de 235 pour 10^6.



La signification de ces résultats est fondée sur les observations suivantes:

a. Les mutants T'_2 obtenus sont stables et conservent leur aptitude à attaquer B/2 après de nombreux repiquages sur B.

b. Les virus T_2 et T'_2 ont la même sensibilité aux ultraviolets, aussi bien à l'état libre qu'à l'intérieur de leur hôte, et à n'importe quel stade de leur croissance, parallélisme dû au fait que tous deux ont à peu près les mêmes caractéristiques de croissance dans B (bien qu'en infection mixte, T_2 prenne peu à peu le dessus). Ceci élimine toute sélection des mutants spontanés.

c. L'irradiation allonge la période latente et pourrait, de ce fait, élever le taux des mutations spontanées. Cette objection, qui cadre mal avec l'existence d'un seuil, a été levée en prolongeant d'autant la période latente au moyen de 5-méthyl tryptophane (8), sans modifier le taux des mutations spontanées.

d. L'efficacité d'étalement des bactéries B contenant des mutants T'2 est la même sur B et sur B/2. Ce qui garantit les valeurs *b*/*a* observées.

(6) M. Demerec et R. Latarjet, *Cold Spring Harbor Symposia*, 11, 1946, p. 38.

(7) A. Hollaender et C. W. Emmons, *Cold Spring Harbor Symposia*, 9, 1941, p. 179.

(8) S. S. Cohen et T. F. Anderson, *J. Exp. Med.*, 84, 1946, p. 511.

e. Dans les conditions expérimentales utilisées, il n'y avait pas de réactivation par la lumière visible ([9]).

Les taux de mutations observés chez les échantillons irradiés semblent donc être dus à l'induction de mutations par le rayonnement ultraviolet.

La séance est levée à 15h25m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1949 (*suite*).

Revue vétérinaire et Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie réunis. Les anaplasmoses des ruminants, par André Donatien, Félix Lestoquard. Toulouse, Imprimerie J. Bonnet, 1930; 1 fasc. 24cm.

Annales de l'Institut Pasteur. T. XXXIX, 1925 : *Le microbe de l'agalaxie contagieuse du mouton et de la chèvre*, par J. Bridré, André Donatien; 1 fasc. 24cm.

Comptes rendus de la Société de biologie. T. CX, 1932 : *Agalaxie et clavelée*, par André Donatien, Félix Lestoquard ; 1 feuille 24cm.

Le stovarsol spécifique de l'agalaxie contagieuse du mouton et de la chèvre, par J. Bridré, André Donatien, D. Hilbert. Extrait du *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France*. T. I, n° 7, 1928. Paris, Vigot; 1 fasc. 24cm,5.

Extraits de *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. Vol. XVIII, n° 7, 1925 : *On the necessity of having a term to express the resistance of carriers of germs to superimposed infections*, by Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien; Vol. XXVII, n° 3, 1933 : *Prémunition et immunité dans le paludisme et dans d'autres maladies*, par Edmond Sergent et Étienne Sergent, Louis Parrot, André Donatien; 2 fasc. 24cm,5.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, T. V. Fasc. IV, 1927 : *L'état de prémunition et la vaccination prémunitive*, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien, Félix Lestoquard ; 1 fasc. 24cm.

Ce qu'il faut entendre par Prémunition, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien, Félix Lestoquard. Extrait de *La Presse Médicale*, n° 96, 1931. Paris, Masson ; 1 fasc. 22cm.

Über den Begriff der « Prémunition », par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien, in *Die Medizinische Welt*, n° 41, 1934 ; 1 feuille 22cm.

Zusammenfassende Betrachtung über den Begriff der Premunition, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien, in *Die Medizinische Welt*, n° 12, 1935.

([9]) A. Kelner, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 35, 1949, p. 73.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XVII, 1924, nº 1 : *Une question de terminologie : Immuniser et Prémunir*, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien ; T. XIX, 1926, nº 7 : *Prémunition et protozooses sanguines*, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien, Félix Lestoquard ; T. XXIII, 1930, nº 2 : *Bartonelloses et prémunition*, par Louis Parrot; André Donatien, Félix Lestoquard. Paris, Masson; 3 fasc. 24cm.

Bulletin de l'Académie vétérinaire de France. T. VIII, 1935, nº 2 : *La prémunition et les vaccinations prémunitives dans la pathologie vétérinaire*, par André Donatien, Félix Lestoquard. Paris, Vigot, 1935; 1 fasc. 23cm,5.

Annales de l'Institut Pasteur. T. XXXV, 1921 : *Essais de traitement du debab, trypanosomiase des dromadaires*. IV. *Étude de l'action de l'émétique*, par Edmond et Étienne Sergent, André Donatien, A. Lhéritier. Paris, Masson; 1 fasc. 24cm.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XIII, 1920, nº 7 : *Des étalons guéris cliniquement de dourine peuvent rester des porteurs sains de germes pathogènes* et *Du diagnostic expérimental de la dourine*, par Edmond Sergent, André Donatien, A. Lhéritier ; *Infection expérimentale des dromadaires par le* Trypanosoma berberum *du debab* et *Deuxième note sur l'hérédité de l'infection et de l'immunité dans la trypanosomiase des dromadaires*, par Edmond et Étienne Sergent, André Donatien ; T. XV, 1922, nº 7 : *Trypanosomiase naturelle du chien au Sahara*, par André Donatien, Louis Parrot ; T. XVI, 1923, nº 3 : *Le* debab *naturel du chien. Transmission par les Stomoxes*, par André Donatien, Félix Lestoquard ; T. XVII, 1924, nº 2 : *Notes sur les trypanosomiases* (1921-1923), par Edmond Sergent, André Donatien, Edmond Plantureux, A. Deguillaume; T. XVII, 1924, nº 10 : *Inoculation expérimentale de* Trypanosoma berberum *à l'âne*, par André Donatien, Chr. Salord. Paris, Masson; 8 fasc. 24cm.

Archives des Instituts Pasteur de l'Afrique du Nord. T. I. Fasc. II, 1921 : *De l'infection latente dans la trypanosomiase des dromadaires* (Le debab). XXIIe Note, par Edmond Sergent, André Donatien ; T. II. Fasc. III, 1922 : *Transmission naturelle et expérimentale de la trypanosomiase des dromadaires par les Stomoxes*, avec un graphique, par Edmond Sergent, André Donatien ; 2 fasc. 24cm.

Travaux sur le debab, par Edmond Sergent, André Donatien, A. Deguillaume, Edmond Plantureux, in *Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie*. T. II. Fasc. II, 1924. Diverses notes en 1 fascicule, 24cm.

La peste porcine. Observations et recherches effectuées à l'Institut Pasteur d'Algérie, par André Donatien, Félix Lestoquard. Alger, Imprimerie La Typo-Litho, 1931 ; 1 vol. 24cm.

Annales de l'Institut Pasteur. T. XLIII, 1929 : *Recherches sur l'immunisation contre la peste porcine. Résultats obtenus*, par André Donatien, Félix Lestoquard. Paris, Masson, 1 fasc. 24cm.

Revue vétérinaire et *Journal de médecine vétérinaire et de zootechnie réunis*, 1928. *La peste du porc en Algérie. Sérothérapie spécifique* ; 1936 : *Le diagnostic de la peste porcine par intradermo-réaction*, par André Donatien, Félix Lestoquard ; 2 fasc. 24cm.

Revue de médecine vétérinaire, 1929 : *Les règles de l'emploi du sérum contre la peste du porc*, par André Donatien, Félix Lestoquard ; 1946 : *L'immunisation contre la peste porcine par séro-inoculation*, par André Donatien, Edmond Plantureux, L. Rampon, G. Fayot ; 2 fasc. 24cm.

Bulletin de l'Académie vétérinaire de France. T. V, 1932, nº 4 : *Des incidents possibles dans l'immunisation contre la peste porcine* ; T. VIII, 1935, nº 6 : *L'intradermo-réaction dans la peste du porc* ; T. XI, 1938, nº 5 : *Nouvelles recherches de l'intradermo-réaction dans la peste porcine* ; T. XII, 1939, nº 5 : *L'influenza du porc en Algérie*, par André Donatien, Félix Lestoquard ; 4 fasc. 24cm.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. XIV, 1936, n° 3 : *Le diagnostic de la peste porcine*; T. XVIII, 1940, n° 1 : *Sur une maladie nouvelle du porc*, par André Donatien, Félix Lestoquard; T. XIX, 1941, n° 1 : *Technique actuelle de la préparation du sérum antipestique (Plasma phéniqué) à l'Institut Pasteur d'Algérie*, par André Donatien, Edmond Plantureux; T. XXIV, 1946, n° 2 : *L'immunisation contre la peste porcine*, par André Donatien, Edmond Plantureux, L. Rampon, G. Gayot; 4 fasc. 24cm.

Les rickettsioses des animaux domestiques, par André Donatien, Félix Lestoquard, in *Acta conventus Tertii de Tropicis atque malariæ morbis*. Pars I; 1 fasc. 24cm.

Bulletin de l'Académie de médecine. T. 114, 1935, n° 42 : *Sur la persistance de* Rickettsia canis *dans l'organisme du chien après guérison*, par André Donatien, Félix Lestoquard; 1 feuille 24cm.

Les rickettsioses animales, *Revue de médecine vétérinaire*, par André Donatien, Félix Lestoquard. Toulouse, Imprimerie toulousaine, 1938; 1 fasc. 24cm.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XXVIII, 1935, n° 6 : *Existence en Algérie d'une* Rickettsia *du chien;* T. XXIX, 1936, n° 2 : *Sur une nouvelle* Rickettsia *du mouton;* Id. n° 4 : *Existence de la prémunition dans la rickettsiose naturelle ou expérimentale du chien;* Id. n° 10 : Rickettsia Bovis, *nouvelle espèce pathogène pour le bœuf* et *Recherches sur* Rickettsia canis. *Comparaison avec* Rickettsia conori; T. XXX, 1937, n° 1 : *Existence de* Rickettsia conjonctive *du mouton eoles* 1931 *en Algérie;* Id. n° 6 : *Existence de* Rickettsia conjonctive *du bœuf en Algérie;* T. XXXI, 1938, n° 7 : *Du cycle évolutif de quelques* Rickettsia; T. XXXII, 1939, n° 3 : *Sur l'épidémiologie de la conjonctivite granuleuse des ruminants* (Rick. conjonctivæ); T. XXXIII, 1940, n° 4 : *Rickettsiose bovine algérienne à* R. bovis, par André Donatien, Félix Lestoquard. Paris, Masson, 10 fasc. 24cm.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. XV, 1937, n° 2 : *État actuel des connaissances sur les Rickettsioses animales;* Id. n° 3 : *Mesures sanitaires à prendre en Afrique du Nord pour éviter l'introduction de la heart water de l'Afrique Noire;* T. XVI, 1938, n° 4 et T. XVIII, 1940, n° 2 : *Du cycle évolutif de quelques Rickettsia;* T. XVII, 1939, n° 3 : *Sur l'épidémiologie de la conjonctivite granuleuse des ruminants* (Rickettsia conjonctivæ), par André Donatien, Félix Lestoquard; T. XXI, 1943, n° 1 : *Rickettsiose générale du porc* et *Conjonctivite rickettsienne du porc*, par André Donatien et G. Gayot; 6 fasc. 24cm.

La chèvre et la forêt en Algérie, par Edmond et Étienne Sergent, André Donatien, in *Académie d'agriculture de France*, 1939. Alençon, Imprimerie alençonnaise; 1 fasc. 21cm.

Sur une méthode d'isolement des virus in vivo, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien, Félix Lestoquard, in *Le Scalpel*. Bruxelles, 1928; 1 fasc. 26cm,5.

Les maladies microbiennes des volailles en Algérie, par André Donatien. Alger, La Revue agricole de l'Afrique du Nord, 1923; 1 fasc. 23cm,5.

Quelques observations sur la biologie des cératopogoninés d'Algérie, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien. Extrait du Ve Congrès international d'entomologie, 1933, 1 fasc. 27cm.

XIIIe Congrès international de médecine vétérinaire. Zurich, Interlaken, 1938. *Sur quelques maladies subtropicales du bassin méditerranéen*, par André Donatien, Félix Lestoquard; 1 fasc. 24cm.

Comptes rendus des séances de la Société de biologie. T. LXXXIII, 1920 : *Température rectale des chamelons nouveau-nés*, par Edmond Sergent, André Donatien; 1 feuille 24cm.

Revue vétérinaire, 1926 : *Étiologie des anémies du mouton et de la chèvre*, par André Donatien, Félix Lestoquard; 1 fasc. 22cm,5.

Archives des Instituts Pasteur de l'Afrique du Nord. T. I. Fasc. I, 1921 : *Enzootie algérienne d'helminthiase nodulaire intestinale*. Id. Fasc. III, 1921 : El Ghedda, *senticé-*

mie hémorragique des dromadaires, par ANDRÉ DONATIEN; T. II. Fasc. III, 1922 : *Nouvelle épizootie de ghedda a M'Raier (Sahara) en* 1921, par ANDRÉ DONATIEN, M. LARRIEU; 3 fasc. 24^{cm}.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XIII, 1920, n° 10 : *Le Boukchem, maladie enzootique des chiens kabyles*, par ANDRÉ DONATIEN, G. ESPÉRANDIEU ; T. XXVII, 1934, n° 7 : *Sur une* Bartonella *nouvelle du bœuf*, Bartonella bovis *n. sp.*; T. XXVIII, 1935, n° 6 : *Existence d'*Eperythrozoon ovis *en Algérie;* T. XXX, 1937, n° 6 : *Sur deux parasites des hématies du mouton et du bœuf d'un genre nouveau :* Erythrocytozoon N. G., par ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD. Paris, Masson; 4 fasc. 24^{cm}.

(*à suivre.*)

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 7 février 1949.)

Note présentée le 31 janvier 1949, de MM. *Jean Cueilleron* et *Hubert Scartazzini*, Combustion de l'aluminium dans l'oxygène :

Page 490, remplacer le tableau par le suivant :

Brûleur oxygène-aluminium.	Température de brillance de la flamme.
Base de la flamme	2310°C
à 2^{cm} plus haut	2630
à 4^{cm} »	2360
à 6^{cm} »	1950
à 8^{cm} »	1800
à 10^{cm} »	1640
à 13^{cm} »	1520

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AVRIL 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le minimum du produit de formes linéaires réelles.* Note de M. CLAUDE CHABAUTY, présentée par M. Élie Cartan.

Nous utilisons les notations de Notes antérieures ([1]).

LEMME. — *Soient dans* R^n *un ensemble* S *étoilé par rapport à l'origine, un réseau* G *de déterminant* $m(G)$, $\mu_i(S, G)$ *les « minima successifs » de* S *par rapport à* G, *et* $\gamma(S)$ *la « constante d'Hermite » de* S $\big(\gamma(S) = \operatorname{Sup}\mu_1(S, G)$ *pour les réseaux* G *de déterminant* $1\big)$. *On a*

$$\mu_1(S, G)\mu_2(S, G)\ldots\mu_{h-1}(S, G)\big(\mu_h(S, G)\big)^{n-h+1} \leqq 2^{h-1}\big(\gamma(S)\big)^n m(G).$$

La démonstration est tout à fait analogue à celle du théorème I de la première Note citée; on utilise des nombres auxiliaires μ'_i, $0 < \mu'_i < \mu_i$, $\mu'_{i+1}\mu_i'^{-1}$ entiers, avec cette fois $\mu'_h = \mu'_{h+1} = \ldots = \mu'_n$. On peut évidemment les choisir de façon que $\mu_1\ldots\mu_{h-1}\mu_h^{n-h+1}/\mu'_1\ldots\mu'_{h-1}\mu_h'^{n-h+1} \leqq 2^{h-1}(1+c)$ quel que soit $c > 0$ en prenant $\mu'_h = \mu_h/(1+c')$, et définissant les μ'_i, $i < h$, par récurrence descendante sur les indices, en prenant pour μ'_{i-1} la plus grande partie aliquote de μ'_i qui soit $< \mu_{i-1}$. D'où le résultat annoncé, dont une conséquence immédiate est le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Soient dans* R^n S *et* T *deux ensembles étoilés par rapport à l'origine avec* $S \subset T$, G *un réseau critique par rapport à* T $\big($*réseau limite de réseau permis par rapport à* T *et de déterminant* $m(G)$ *minimum, ie* $m(G) = ((\gamma T))^{-n}\big)$, *et* λ *un nombre tel que la dimension linéaire de* $G \cap \lambda S$ *soit* $< h$. *On a alors*

$$\gamma(T) \leqq \gamma(S)\, 2^{\frac{h-1}{n}} \lambda^{-1+\frac{h-1}{n}}. \tag{1}$$

Si l'anomalie de S était égale à 1 on aurait évidemment

$$\gamma(T) \leqq \gamma(S)\lambda^{-1+\frac{h-1}{n}}. \tag{2}$$

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 747, et 228, 1949, p. 796.

Le théorème permet dans tous les cas de substituer à l'inégalité triviale $\gamma(T) \leqq \gamma(S)$ l'inégalité (1) plus forte (si l'on connaît un réseau critique G pour lequel $\lambda > 1$) et qui est même presque aussi bonne que (2) pour certaines majorations asymptotiques [quand, n tendant vers l'infini, on a pu utiliser le même λ avec h borné ou $= o(n)$].

Application au minimum du produit de formes linéaires réelles. — Soit dans R^n $P_n = \underset{x}{\mathcal{E}}(\Pi|x_i| < 1)$, $S_n = \underset{x}{\mathcal{E}}(\Sigma|x_i| < n) \subset P_n$, P_n admet des réseaux critiques contenant le point $I = (1, 1, \ldots, 1)$. Soit $\theta_n = \operatorname{Inf} \mu_2(S_n, G)$ pour les réseaux permis par rapport à P_n et contenant I, et soit $\theta = \liminf_{n \to \infty} \theta_n$. Le théorème précédent donne $\limsup n^{-1}\gamma(P_n) \leqq \theta^{-1}\sigma$ en posant $\sigma = \limsup \gamma(S_n) n^{-1}$.

Lemme. — *Soit θ' la borne inférieure de $n^{-1}\Sigma|x_i|$, pour tous les systèmes de n nombres réels x_i satisfaisant aux inégalités $\Pi|x_i| \geqq 1$, $\Pi|x_i^2 - 1| \geqq 1$ et pour tous les entiers $n > 0$. θ' est égal au minimum pour $\alpha > 0$ de $\varphi(\alpha) = (\alpha\eta + \zeta)/(\alpha + 1)$, η, ζ étant la solution (unique) en nombres > 0 des équations $\eta^\alpha \zeta = 1$, $(\eta^2 - 1)^\alpha (1 - \zeta^2) = 1$.*

On voit aisément que la borne inférieure θ' est atteinte pour un système de n nombres *positifs* satisfaisant aux *équations* $\Pi x_i = 1$, $\Pi(x_i^2 - 1) = \pm 1$. En utilisant les multiplicateurs de Lagrange, on voit que ces nombres satisfont tous à une *même* équation $\lambda + \mu/z + \nu z/(z^2 - 1) = 0$, qui a au plus *deux* racines réelles et > 0. Soient η, ζ ces racines. Le point x réalisant le minimum a donc p coordonnées égales à η, q coordonnées égales à ζ, $(p + q = n)$. Posons $p/q = \alpha$; l'étude du minimum de $n^{-1}\Sigma|x_i|$ est bien ramenée à celui de $\varphi(\alpha)$, $\theta' = \operatorname{Inf}_{\alpha > 0} \varphi(\alpha)$. Comme $\varphi(\alpha) > 1$ pour $\alpha > 0$, et tend vers $+\infty$ (resp. vers $\sqrt{2}$) quand α tend vers zéro (resp. vers $+\infty$), on voit aisément que $\theta' > 1$. Le calcul montre que $1,05 < \theta' < \sqrt{5}/2 \doteq 1,118$ et très probablement $\theta' \# 1,116$. Comme on a évidemment $\theta \geqq \theta'$, il en résulte que $\gamma(P_n) < 1/4n$, en utilisant le résultat de *Rankin* (²) $\sigma < 1/3,69531$. En d'autres termes :

Théorème. — *Quelle que soit la constante $c > 0$, pour tout n suffisamment grand et pour tout système de n formes linéaires réelles $L_i(x_1, \ldots, x_n)$ de déterminant 1, il existe un système de valeurs entières des variables x_i tel que*

$$0 < \left| \prod_{c=1}^{n} L_i(x_1, \ldots, x_n) \right|^{\frac{1}{n}} \leqq \frac{\sigma(1 + c)}{\theta n},$$

en particulier, pour n assez grand, on peut obtenir en x_i entiers

$$0 < \left| \prod_{c=1}^{n} L_i(x_1, \ldots, x_n) \right|^{\frac{1}{n}} < \frac{1}{4n}.$$

(²) *Indigat. Mathem.*, **10**, 1948, p. 274-281.

Le même artifice permettrait de ramener la minoration du minimum de $\Sigma|x_i|^t n^{-1}$ $(t \geq 1)$ à celle de $\varphi_t(\alpha) = (\alpha\eta^t + \zeta^t)/(\alpha + 1)$ et de majorer ainsi $\gamma(P_n)$ par comparaison avec la jauge auxiliaire $S_{t,n} = \underset{x}{\mathcal{E}}(\Sigma|x_i|^t < n)$. Une étude de *Davenport* [3] correspond à $t = 2$, cas où la jauge est d'anomalie 1, ce qui lui permet d'opérer sans avoir le théorème I. (La remarque de *Rankin* que $\gamma(P_n) \leq \gamma(S_n)$ donne déjà un résultat plus fort que celui de *Davenport*.) Il est possible qu'un choix convenable de t permette d'obtenir un résultat meilleur que le choix $t = 1$ fait ici.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation des polynomes de Legendre.* Note (*) de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit

$$(1) \qquad g(x, z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} x^\nu P_\nu(z;\, a,\, b) \qquad (P_0 = 1)$$

la solution de l'équation différentielle

$$(2) \qquad (x^2 - 2xz + 1)\frac{du}{dx} + [x - (a+1)z - b]u = 0, \qquad (a \geq \pm b).$$

Les $P_\nu(z)$ sont des polynomes de degré ν, satisfaisant aux relations

$$(3) \quad \int_{-1}^{1} P_\mu(z)\, P_\nu(z)\, \rho(z)\, dz = \frac{\delta_{\mu\nu}}{2\nu + 1 + a} \; (\mu, \nu = 0, 1, \ldots); \qquad \rho(\cos t) = \frac{\exp \frac{t}{\sin t}(a \cos t + b)}{1 + \exp \frac{\pi}{\sin t}(a \cos t + b)},$$

lesquelles peuvent être résumées par la formule

$$(4) \qquad \int_{-1}^{1} g(x, z)\, g(y, z)\, \rho(z)\, dz = \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{(xy)^\nu}{2\nu + 1 + a} \qquad (|x|, |y| < 1);$$

dans $\langle -1, 1 \rangle$, les P_ν forment donc un système de polynomes orthogonaux, de poids $\rho(z)$. — Pour démontrer (4), nous utilisons l'équation

$$(5) \qquad (x^2 - 2xz + 1)\frac{du}{dx} + [x - (a+1)z - b]u = -\frac{1}{1 - xy}, \qquad (|y| < 1),$$

où y et z sont des paramètres complexes. Dans l'hypothèse $a \geq \pm b$, (5) a une (seule) solution qui est holomorphe pour $|x| < 1$, $z \in D$, D désignant le domaine ouvert qu'on obtient en découpant le plan (fermé) de -1 à $+1$.

---

(3) *Indigat. Mathem.*, 8, 1946, p. 525-531.

(*) Séance du 11 avril 1949.

Posant

(6) $\alpha_{1(2)} = z \pm \sqrt{z^2 - 1}$, $A_{1(2)} = \frac{1}{2} \mp \frac{az+b}{2\sqrt{z^2-1}}$; $\sqrt{z^2-1} = z - \ldots$ ($|z| > 1$; $z \in D$),

on obtient pour les solutions en question de (2) et (5),

(7) $g(x, z) = (\alpha_1 - x)^{-A_1}(\alpha_2 - x)^{-A_2}\alpha_1^{A_1}\alpha_2^{A_2} = (1 - \alpha_2 x)^{-A_1}(1 - \alpha_1 x)^{-A_2} = 1 + \ldots,$

(8) $u(x, z) = (\alpha_1 - x)^{-A_1}(\alpha_2 - x)^{-A_2}\int_x^{\alpha_2}(\alpha_1 - \xi)^{A_1 - 1}(\alpha_2 - \xi)^{A_2 - 1}\frac{d\xi}{1 - \xi y}.$

Comme $a \geq \pm b$, on a dans D $R[A_2(z)] > 1/2$ et $\alpha_1 \sim 2z$, $\alpha_2 \sim 0$, $A_{1(2)} \sim (1/2) \mp (a/2)$ (pour $|z| \to \infty$); donc, (8) s'annulant pour $z = \infty$, on peut poser $u(x, z) = \sum_0^\infty \frac{u_\nu(x)}{z^{\nu+1}}$, les $u_\nu(x)$ étant holomorphes pour $|x| < 1$. Nous calculerons le résidu

(9) $$\frac{1}{2\pi i}\int_K u(x, z)\,dz = u_0(x),$$

K désignant un cercle de rayon > 1, de deux manières. Substituant d'abord la dernière série dans (5), on obtient pour u_0 l'équation

$$2x\frac{du_0}{dx} + (a + 1)u_0 = \frac{1}{1 - xy}$$

dont la solution, holomorphe à l'origine, est

(10) $$u_0(x) = \sum_0^\infty \frac{(xy)^\nu}{2\nu + 1 + a}.$$

Remplaçant ensuite K, selon un procédé utilisé antérieurement ([1]), par une courbe qui tend vers les deux bords de la coupure, on tire de (7), (8), (9)

(11) $$u_0(x) = \lim_{\varepsilon=0}\frac{1}{2\pi i}\int_{-1+\varepsilon}^{1-\varepsilon}\alpha_1^{-A_1}\alpha_2^{-A_2}g(x, z)\left(\int_x^{\alpha_2} - \int_x^{\alpha_1}\right)(\alpha_1 - \xi)^{A_1 - 1}(\alpha_2 - \xi)^{A_2 - 1}\frac{d\xi\,dz}{1 + \xi y},$$

$\alpha_{1(2)}$ et $A_{1(2)}$ désignant des valeurs des fonctions (6) sur le bord inférieur de la coupure. Posant $z = \cos t$, on a, selon (6), sur ce bord, donc dans (11),

(12) $\sqrt{z^2 - 1} = -i\sin t$, $\alpha_{1(2)} = e^{\mp it}$, $A_{1(2)} = \frac{1}{2} \mp i\frac{a\cos t + b}{2\sin t}$ $(0 \leq t \leq \pi)$.

Prenons, dans (11), $\arg\alpha_{1(2)} = \mp t$ et remplaçons $\int_x^{\alpha_2} - \int_x^{\alpha_1}$ par $\int_{\alpha_1}^{\alpha_2}$; pour des raisons de continuité, on a alors $\arg(\alpha_{1(2)} - \xi) = \mp(\pi/2)$. Comme $A_1 + A_2 = 1$, la fonction de ξ figurant dans (11) est holomorphe, au pôle $1/y$

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 353-355.

près, dans le plan découpé de α_1 à α_2; C_ξ désignant un lacet qui contourne cette coupure, on a donc, à l'aide de (8),

$$(13) \qquad (1-e^{2\pi i A_1})\int_{\alpha_2}^{\alpha_1}\ldots d\xi=\int_{C_\xi}=-2\pi i \operatorname{Res}\left[\xi=\frac{1}{y}\right]=-2\pi i g(y, z).$$

Portant dans (11) l'expression qui résulte de là pour $\int_{\alpha_1}^{\alpha_2}$, on a la relation

$$u_0(x)=\lim_{\varepsilon=0}\int_{-1+\varepsilon}^{1-\varepsilon} g(x, z)\, g(y, z)\,\frac{\exp it(A_1-A_2)}{1-\exp 2\pi i A_1}\,dz=\int_{-1}^{1} g(x, z)\, g(y, z)\,\rho(z)\,dz$$

qui, associée à (10), démontre (4). Les P_ν se calculent par la formule

$$(14) \quad (\nu+1)P_{\nu+1}-[(2\nu+1+a)z+b]P_\nu+\nu P_{\nu-1}=0 \qquad (P_0=0;\ \nu=0, 1, \ldots);$$

pour $a=b=0$, ils se confondent avec les polynomes de Legendre.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur des formules d'inversion pour les transformées de Stieltjes et certains théorèmes taubériens.* Note de M. **Albert Edrei**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $\psi(t)$ une fonction réelle, non décroissante, de la variable réelle t, définie pour $t \geqq 0$ et ne se réduisant pas à une constante.

Considérons, dans le plan de la variable complexe z, privé de l'axe réel non positif, la transformée de Stieltjes $f(z)$, de $\psi(t)$

$$(1) \qquad f(z)=\int_0^\infty \frac{d\psi(t)}{t+z}.$$

On sait que $f(z)$ est holomorphe dans cette région pourvu que l'intégrale converge pour une valeur non négative de z. Par des calculs élémentaires de résidus, nous prouvons que, si toutes les discontinuités de $\psi(t)$ sont régulières et si p désigne un entier, on a

$$(2) \qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi+0}^{\pi-0} \mathcal{R}[f(re^{i\theta})\,e^{i(p+1)\theta}]\,d\theta=\frac{(-1)^p}{r^{p+1}}\int_0^r t^p\,d\psi(t) \qquad (p\geqq 0),$$

$$(3) \qquad \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi+0}^{\pi-0} \mathcal{R}[f(re^{i\theta})\,e^{i(p+1)\theta}]\,d\theta=\frac{(-1)^{p+1}}{r^{p+1}}\int_r^\infty t^p\,d\psi(t) \qquad (p<0).$$

Les calculs qui conduisent à (2) et (3) se prêtent aisément à l'évaluation asymptotique des seconds membres de ces formules. Nous obtenons :

I. *Soit $f(z)$ la transformée de Stieltjes d'une fonction non décroissante $\psi(t)$ soumise à la restriction suivante :*

A. *A tout* $\varepsilon(>0)$ *on peut faire correspondre un* $\nu_0(\varepsilon)$ *tel que pour* $\nu<\nu_0(\varepsilon)$,

$$\frac{\displaystyle\int_{r(1-\nu)}^{r(1+\nu)}\frac{d\psi(t)}{t+r}}{\displaystyle\int_0^{\infty}\frac{d\psi(t)}{t+r}}<\varepsilon \qquad (r>0),$$

dès que $r>r_0(\nu)$.

Soit $g(z)$ *une branche de fonction analytique, positive pour* $z>0$, *holomorphe, pour* $|z|>C$, *dans le plan des* z *privé de l'axe réel non positif. Par hypothèse;*

(a). *A tout domaine borné* $\mathcal{D}$, *situé à distance non nulle de cet axe, on peut faire correspondre une borne* $M(\mathcal{D})$ *telle que, pour* $z\in\mathcal{D}$ *et* $r>r_1(\mathcal{D})$,

$$\frac{|g(zr)|}{g(r)}<M(\mathcal{D}),$$

(b)
$$\lim_{r\to\infty}\frac{f(r)}{g(r)}=1.$$

Dans ces conditions, à tout $\varepsilon_1(>0)$, *on peut faire correspondre un* $\eta_0(\varepsilon_1)$ *tel que, pour* η *fixe, inférieur à* $\eta_0(\varepsilon_1)$, *on ait*

$$\left|\frac{1}{2\pi g(r)}\int_{-\pi+\eta}^{\pi-\eta}\mathcal{R}[g(re^{i\theta})e^{i(p+1)\theta}]\,d\theta-\frac{(-1)^p}{g(r)r^{p+1}}\int_0^r t^p\,d\psi(t)\right|<\varepsilon_1 \qquad (p\geqq 0),$$

$$\left|\frac{1}{2\pi g(r)}\int_{-\pi+\eta}^{\pi-\eta}\mathcal{R}[g(re^{i\theta})e^{i(p+1)\theta}]\,d\theta-\frac{(-1)^{p+1}}{g(r)r^{p+1}}\int_r^{\infty} t^p\,d\psi(t)\right|<\varepsilon_1 \qquad (p<0).$$

dès que $r>r_2(\eta)$.

Hardy et Littlewood ont prouvé [1] un *théorème taubérien* pour des transformations un peu plus générales qui, dans notre notation, s'écriraient

$$f(z)=\int_0^{\infty}\frac{\Phi(t)}{(t+z)^{\rho}}\,dt \qquad (\rho>0).$$

Notre énoncé généralise le leur dans le cas $\rho=1$.

Au prix de quelques conditions de régularité sur $g(z)$ et ses valeurs moyennes, définies par

$$m_p(r;\eta)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi+\eta}^{\pi-\eta}\mathcal{R}[g(re^{i\theta})e^{i(p+1)\theta}]\,d\theta \qquad (\eta>0),$$

on peut obtenir des résultats plus précis. Nous envisageons les restrictions

B. 1°

$$m_p(r)=\lim_{\eta\to+0}m_p(r;\eta)$$

existe pour des valeurs suffisamment grandes de r.

---

(1) *Proc. London Math. Soc.*, (2), 30, 1930, p. 25, Theorem 4.

2° *A tout* $\varepsilon_2 (> 0)$, *on peut faire correspondre un* $\eta_1(\varepsilon_2)$ *tel que, pour* $\eta < \eta_1(\varepsilon_2)$, *on ait*

$$\frac{1}{g(r)} | m_p(r) - m_p(r; \eta) | < \varepsilon_2$$

dès que $r > r_3(\eta)$.

3° $$\lim_{r \to \infty} \frac{m_p(r)}{g(r)} = H_p;$$

4° $$-G = \lim_{r \to \infty} \frac{r g'(r)}{g(r)};$$

5° $$r^2 g''(r) = O[g(r)].$$

Ces hypothèses nous conduisent au résultat suivant, analogue à un théorème de M. Valiron (²).

II. *Soit* $\Phi(t)$ *une fonction positive, intégrable, et telle que*

(α), *il existe un nombre réel* τ *pour lequel* $t^\tau \Phi(t)$ *est monotone dès que* $t > t_0$.

(β) $$\int_0^\infty \frac{\Phi(t)}{t + r} dt \sim g(r) \qquad (r > 0).$$

Si $g(z)$ *satisfait aux conditions* (B) *et à celles du théorème* I, *on a*

$$\lim_{r \to \infty} \frac{\Phi(r)}{g(r)} = (-1)^p H_p (p + 1 - G).$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Les représentations linéaires de certains groupes et les nombres de Betti des espaces homogènes symétriques.* Note (*) de M. **Yen Chih Ta**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une Note précédente (¹) nous avons considéré les espaces homogènes symétriques dont le groupe caractéristique contient un sous-groupe invariant qui peut être, ou bien un groupe à un paramètre (²), ou bien un groupe simple à trois paramètres. Dans chacun de ces deux cas, la détermination des nombres de Betti de l'espace conduit à l'étude des représentations de certains groupes linéaires à variables complexes. Voici le problème :

Soit g' *un groupe linéaire à* n *variables complexes, soit* $\vartheta_{[s]}$ *la représentation de* g' *formée par tous les tenseurs symétriques gauches d'ordre* s. *Trouver tous les composants irréductibles de* $\vartheta_{[s]}$ *et les poids dominants correspondants.*

(²) *Annales de la Faculté de Toulouse*, (3), 5, 1914, p. 123-127.

(*) Séance du 20 avril 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 628-630.

(²) Cette méthode, indiquée par M. É. Cartan [*Sur les invariants intégraux*, etc., (*Ann. Soc. pol. Math.*, 8, p. 1929, 181-225)], a été appliquée à tous les espaces homogènes symétriques dont le groupe caractéristique contient un sous-groupe à un paramètre, sauf ceux qui correspondent aux groupes exceptionnels (C. Ehresmann, *Annals of Math.*, 35, 1934, p. 396-443).

Soient $z_i (i = 1, 2, n)$ les poids du groupe linéaire g'; les poids de la représentation $\vartheta_{[s]}$ sont tous les poids de la forme $z_{i_1} + z_{i_2} + \ldots + z_{i_s}$ dans lesquels les indices $i_1, i_2, \ldots, i_s$ sont tous différents. Si l'on arrange les poids z_i par la hauteur, alors $z' = z_1 + z_2 + \ldots + z_s$ est le poids dominant *le plus haut* contenu dans les poids de $\vartheta_{[s]}$. En considérant *les poids dominants* des formes $z_1 + z_2 + \ldots + z_{s-1} + z_{s+l}$, $z_1 + z_2 + \ldots + z_{s-2} + z_s + z_{s+l}$, $\ldots$, et si l'on peut obtenir un poids dominant z'' vérifiant les deux conditions suivantes :

α. *z'' n'est pas un poids de la représentation correspondant au poids dominant z'.*

β. *si $\bar{z}''$ est un poids dominant vérifiant* (α), *alors z'' est égal à $\bar{z}''$ ou plus haut que $\bar{z}''$.*

On voit que z'' est nécessairement un poids dominant d'une autre représentation irréductible dans $\vartheta_{[s]}$.

D'après M. H. Weyl [3], on peut calculer les dimensions N′ et N″ de ces représentations. Soit N la dimension de $\vartheta_{[s]}$; on a $N \geqq N' + N''$. Dans le cas où $N = N' + N''$, il n'y a que deux composants irréductibles dans $\vartheta_{[s]}$. Si $N > N' + N''$, on obtient, si possible, par la même méthode, un autre poids dominant z''' vérifiant des conditions analogues à (α) et à (β). Ainsi on peut continuer à employer la méthode jusqu'à $N = N' + N'' + N''' + \ldots$.

Comme exemple, considérons le groupe $g' = g_2(E_7)$ que nous avons rencontré dans la Note antérieure. Les poids [4] sont $\pm z_i = \pm(\lambda_i - \lambda_0)$ et $\pm z_{ij} = \pm(\lambda_i + \lambda_j + \lambda_0)$. Puisque g' est un sous-groupe du groupe symplectique à 56 variables complexes, alors $\vartheta_{[s]}$ est décomposable en représentations correspondant aux poids fondamentaux de *ce groupe symplectique;* à savoir $\vartheta_{[s]} = \vartheta_{(s)} \oplus \vartheta_{(s-2)} \oplus \ldots$ [5].

Au lieu de $\vartheta_{[s]}$, on considère maintenant les $\vartheta_{(s)}$. Ils sont irréductibles, par rapport à g', pour $s \leqq 5$. Pour $6 \leqq s \leqq 9$, ils sont réductibles en *deux composants;* les poids dominants, autres que les z' qui sont les poids dominants plus haut, sont respectivement :

$$\sum_1^5 z_i + z_{67}, \quad \sum_1^6 z_i + z_{67}, \quad \sum_1^6 z_i + \sum_5^6 z_{j7} \quad \text{et} \quad \sum_1^6 z_i + \sum_4^6 z_{j7}.$$

Pour $s = 10, 11$, on a, dans chacun des cas, deux poids z'' et z''', à savoir, dans le premier cas :

$$\sum_1^7 z_i + \sum_4^6 z_{j7}, \quad \sum_1^6 z_i + \sum_3^6 z_{j7}$$

et dans le deuxième cas :

$$\sum_1^7 z_i + \sum_3^6 z_{j7}, \quad \sum_1^6 z_i + \sum_2^6 z_{j7}.$$

---

[3] *Math. Zeits.*, 24, 1925.

[4] [5] É. Cartan, *Bull. Soc. Math.*, 1913, pour les notations *voir* [1].

En se servant de la détermination des nombres de Betti indiquée dans la Note citée ([6]), on n'a pas besoin de connaître toutes ces décompositions et l'on voit par ailleurs que la condition (β) n'est plus aussi importante.

Enfin on remarque que le calcul des nombres de Betti de certains espaces symétriques est beaucoup plus simple que celui du groupe lui-même. Cependant on n'a pas encore réussi, jusqu'à présent, à déterminer, par calcul direct, les nombres de Betti des groupes simples des types F_4 et E_6. Mais si l'on considère les espaces correspondant aux sous-groupes caractéristiques ([7]), $g_3(C_3) \times g_1(A_1)$ dans le premier cas et $g_1(D_5) \times g_0$ dans le second cas; on obtient facilement, par l'étude des représentations, les deux polynomes de Poincaré correspondants

$$1 + x^4 + 2x^8 + 2x^{12} + 2x^{16} + 2x^{20} + x^{24} + x^{28},$$
$$1 + x^2 + x^4 + x^6 + 2x^8 + 2x^{10} + 2x^{12} + 2x^{14} + 3x^{16} + 2x^{18} + \ldots + x^{32}.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Influence de la réfraction des rayons lumineux dans l'atmosphère solaire sur le rayonnement au voisinage du bord du disque. Variations de l'intensité d'une radiation près du bord extrême.* Note de M. **Paul Proisy**, présentée par M. André Danjon.

1. La réfraction des rayons lumineux dans une atmosphère formée de couches sphériques modifie non seulement l'angle θ sous lequel un rayon traverse ces couches, mais aussi la profondeur maximum qu'il atteint. J'ai montré ([1]) que dans l'atmosphère solaire, la variation de θ par suite de la réfraction reste très faible, le tableau I ci-dessous montre que la variation de la profondeur optique atteinte est beaucoup plus importante : aux rayons rectilignes qui atteignent au plus les couches de profondeurs optiques 0,1, 0,35 et 0,6 correspondent des rayons réfractés qui s'enfoncent jusqu'aux couches dont les profondeurs optiques sont respectivement égales à 0,2, 1 et 5.

Tableau I. — Comparaison des valeurs $\bar{\tau}$ et $\bar{\tau}'$ de la profondeur optique des couches de l'atmosphère solaire traversées sous des angles égaux par les 3 rayons lumineux ($\bar{\tau}$) qui atteignent au plus les couches $\bar{\tau}_0 = 0,2$, 1 et 5, et par les 3 rayons rectilignes ($\bar{\tau}'$) qui sortent aux mêmes points du disque solaire.

	$\bar{\tau} =$ 0,01	0,02	0,04	0,10	0,20	0,60	1,0	1,4	1,8	2,5	5
$\bar{\tau}_0 = 0,2$,	$\bar{\tau}' =$ 0,009	0,017	0,03	0,06	0,10						
$\bar{\tau}_0 = 1$	$\bar{\tau}' =$ 0,009	0,018	0,03	0,06	0,10	0,25	0,35				
$\bar{\tau}_0 = 5$	$\bar{\tau}' =$ 0,008	0,015	0,025	0,06	0,09	0,20	0,32	0,35	0,42	0,47	0,6

([6]) La formule de M. Hirsch dont dépendent les résultats de cette Note m'a été communiquée comme une conjoncture qui n'est pas encore complètement vérifiée. Mais les résultats obtenus ici nous permettent aussi de déterminer quelques termes du polynome de Poincaré de l'espace $E_8/E_7 \times A_1$, à savoir $1 + x^4 + x^8 + 2x^{12} + 2x^{16} + 3x^{20} + \ldots$.

([7]) E. Cartan, *Ann. Éc. Norm.*, 44, 1927.

([1]) *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

Connaissant la trajectoire des rayons lumineux près du bord du disque solaire [*cf.* (1)], nous pouvons déterminer les variations de θ avec $\bar{\tau}$ le long d'un rayon lumineux et du rayon rectiligne correspondant, et préciser à l'aide de la formule :

$$\frac{I(\theta_0)}{I_0}=\int_0^\infty \frac{J}{I_0}\sec\theta \exp\left(-\int_0^\tau \sec\theta\, d\tau\right)d\tau,$$

l'influence de la réfraction sur le rayonnement, comme nous l'avons fait pour préciser celle de la courbure des couches (2). Le calcul a été fait pour la radiation $0^\mu,5$ pour les rayons qui atteignent au plus les profondeurs $\bar{\tau}_0=0,2$ et 1, et qui sortent à des distances d du centre égales à $0,9998_3$ et $0,9997_3$: la réfraction produit une diminution de l'intensité dans les couches externes et une augmentation dans les couches internes, la somme de ces deux variations étant positive et de l'ordre de 1 à 2 % pour $d=0,9997_3$ et de 3 à 4 % pour $d=0,9998_3$.

2. Les variations de l'intensité dans les couches externes et internes qui résultent de la réfraction sont donc opposées à celles qui résultent de la courbure des couches, mais leur somme est de même signe et du même ordre de grandeur : la courbure des couches et la réfraction produisent un renforcement de l'intensité de la radiation $0^\mu,5$ qui atteint 7 à 8 % au dernier point considéré. Le tableau 2 fait connaître les variations de l'intensité près du bord extrême, quand on considère une atmosphère formée de couches planes ou sphériques sans réfraction, ou de couches sphériques avec réfraction.

TABLEAU 2. — *Variation de l'intensité de la radiation* $0^\mu,501$ *près du bord extrême du disque solaire* : 1. *Quand on néglige la courbure des couches et la réfraction*; 2. *quand on néglige la réfraction seule*; 3. *quand on tient compte de ces deux facteurs.*

d.......	0,990.	0,995.	0,998.	0,999.	0,9995.	$0,9997_3$.	$0,9998_3$.
1.........	0,3797	0,3451	0,3139	0,2980	0,2867	0,2795	0,2753
2.........	0.379	0,344	0,313	0,296	0,2855	0,283	0,284
3.........	0,379	0,344	0,313	0,296	0,2855	0,284	0,295

3. A partir de $d=0,9998_3$, les couches les plus profondes atteintes par le rayon lumineux commencent à intervenir dans le rayonnement. Au delà du point le plus profond, le rayon lumineux rencontre de nouveau les couches de profondeurs optiques moindres, mais c'est alors le rayonnement dans la direction $\theta(>\pi/2)$, donc vers l'intérieur de l'astre, qui intervient, et il faut admettre pour poursuivre les calculs que J reprend les mêmes valeurs, comme ce serait le cas dans une atmosphère isotrope. Même dans ce cas, on conçoit que le renforcement de l'intensité fasse place à une diminution dans les deux derniers dix-millièmes du rayon; lorsque l'on considère les points du rayon situés au

(2) P. PROISY, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1102.

delà du point de profondeur optique maximum τ_0, l'intensité émergente s'écrit en effet

$$\int_0^{\tau_0}\left(\frac{J}{I_0}\right)\sec\theta\exp\left(-\int_0^{\tau}\sec\theta\,d\tau\right)d\tau+\int_{\tau_0}^{0}\left(\frac{J}{I_0}\right)\sec\theta\exp\left(-\int_0^{\tau_0}\sec\theta\,d\tau-\int_{\tau_0}^{\tau}\sec\theta\,d\tau\right)d\tau,$$

et la croissance des facteurs J et $\sec\theta$ le long du rayon qui a lieu jusque τ_0 est remplacée au delà de τ_0 par une décroissance, la diminution de l'intensité dans les couches internes qui résulte de la courbure des couches se trouve alors renforcée, et il est probable que l'intensité passe par un maximum entre 0,9998 et le bord extrême.

Les variations de l'intensité dans ce domaine ne peuvent être calculées avec précision parce que les couches superficielles ($\tau < 0{,}01$) mal connues prennent de l'importance, et que, d'autre part, la définition du bord solaire devient elle-même trop imprécise.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la répartition entre les différentes fréquences de l'énergie créée par un tube électronique.* Note (*) de M. **Jean Voge**, présentée par M. Pierre Lejay.

Soit un volume V, limité par une surface (S), dans lequel circulent des charges électriques, de densités de charge ρ et de courant $\vec{i}$, et où règne un champ électromagnétique $\vec{E}$, $\vec{H}$. La décomposition de ρ, $\vec{i}$, $\vec{E}$, $\vec{H}$, en séries (tube à fonctionnement cyclique) ou intégrales de Fourier fait apparaître des composantes à diverses pulsations ω : ρ_ω, $\vec{i}_\omega$, $\vec{E}_\omega$, $\vec{H}_\omega$ ou en notation complexe ρ_ω, $\vec{\mathcal{J}}_\omega$, $\vec{\mathcal{E}}_\omega$, $\vec{\mathcal{H}}_\omega$ (au facteur $e^{j\omega t}$ près).

L'énergie complexe de pulsation ω sortant de (S) est égale au flux du vecteur de Poynting complexe ($\star$ désigne une quantité conjuguée).

$$(1)\qquad \frac{1}{4\pi}\int_S\frac{\left(\vec{\mathcal{E}}_\omega\wedge\vec{\mathcal{H}}^\star_\omega\right)_n}{2}dS=-\int_V\frac{\vec{\mathcal{E}}_\omega.\vec{\mathcal{J}}^\star_\omega}{2}dV+j\frac{\omega}{4\pi}\int_V\frac{\varepsilon_0\left|\vec{\mathcal{E}}_\omega\right|^2-\mu_0\left|\vec{\mathcal{H}}_\omega\right|^2}{2}dV.$$

Cette relation résulte immédiatement des équations de Maxwell écrites pour les composantes ω (en raison de leur linéarité en ρ, $\vec{i}$, $\vec{E}$, $\vec{H}$).

Les deux intégrales du second membre correspondent aux énergies cinétiques et potentielles.

1° La puissance active, correspondant à la partie réelle de la première intégrale du second membre vaut, en désignant par M. T. la moyenne sur un

(*) Séance du 11 avril 1949.

temps assez long, et $\vec{v}$ la vitesse électronique,

$$(2) \qquad \text{M. T.}\left\{-\int_V \vec{E}_\omega.\vec{i}_\omega\, dV\right\} = \text{M. T.}\left\{-\int_V \vec{E}_\omega.\vec{i}\, dV\right\} = \text{M.T.}\left\{-\int_V \rho\vec{E}_\omega.\vec{v}\, dV\right\}.$$

Statistiquement, en désignant par M. E. une moyenne portant sur les électrons entrant dans (S), par (Se) la portion de (S) par où rentrent les électrons, l'expression (2) de la puissance active vaut

$$(3) \qquad \text{M.E.}\left\{-\int_C e\vec{E}_\omega.\vec{v}\, dt\right\} = \text{M.T.}\left\{-\int_{Se} \vec{i}\, dS \int_C \vec{E}_\omega.\vec{v}\, dt\right\},$$

c'est-à-dire la moyenne du travail du champ électrique $\vec{E}_\omega$ sur les trajectoires électroniques (C).

2° La puissance réactive comprend deux termes :

a. Un provenant de la partie imaginaire de la première intégrale du second membre de (1). Par un raisonnement analogue au précédent, on trouve qu'il vaut

$$(4) \qquad \mathcal{R}_e\left\{-\int_V \vec{\mathcal{E}}_\omega e^{-j\frac{\pi}{2}}.\vec{\mathcal{J}}^\star_\omega\, dV\right\} = \text{M.E.}\left\{-\int_C e\vec{E}'_\omega.\vec{v}\, dt\right\} = \text{M.T.}\left\{-\int_{Se} \vec{i}\, dS \int_C \vec{E}'_\omega.\vec{v}\, dt\right\},$$

moyenne du travail sur (C) d'un champ électrique $\vec{E}'_\omega$ de même amplitude que $\vec{E}_\omega$, mais déphasé de $-(\pi/2)$ par rapport à lui.

b. Un provenant de la deuxième intégrale purement imaginaire. En faisant dériver $\vec{\mathcal{E}}_\omega$, $\vec{\mathcal{H}}_\omega$ des potentiels complexes Φ_ω, $\vec{\mathcal{A}}_\omega$ on en trouve une autre expression (purement réelle)

$$(5) \qquad \frac{\omega}{2}\left\{\int_V \frac{\rho_\omega\Phi^\star_\omega - \vec{\mathcal{J}}_\omega.\vec{\mathcal{A}}^\star_\omega}{2}\, dV - \int_S \frac{\left(\varepsilon_0\vec{\mathcal{E}}_\omega\Phi^\star_\omega - \vec{\mathcal{H}}_\omega\wedge\vec{\mathcal{A}}^\star_\omega\right)_n}{8\pi}\, dS\right\}.$$

Si une portion (S′) de (S) est limitée par une surface parfaitement conductrice, l'intégrale de surface sur (S′) vaut

$$(6) \qquad \frac{\omega}{2}\int_{S'} \frac{\sigma_\omega\Phi^\star_\omega - \left(\vec{\mathcal{J}}_\omega\right)_S\left(\vec{\mathcal{A}}_\omega\right)^\star_T}{2}\, dS,$$

où σ_ω, $\left(\vec{\mathcal{J}}_\omega\right)_S$ et $\left(\vec{\mathcal{A}}_\omega\right)_T$ désignent les densités superficielles de charge et de courant et la composante tangente à (S′) du potentiel vecteur.

Les relations (5) et (6) généralisent l'expression classique de l'énergie (électrostatique et magnétique) en régime stationnaire

$$(7) \qquad \frac{1}{2}\int_V \left(\Phi\rho + \vec{\mathcal{A}}.\vec{i}\right) dV.$$

Remarques. — 1° Le travail élémentaire du champ électrique total $\vec{E}$ le long

de (C) est une différentielle exacte, et le travail total sur (C) est égal à la variation $\Delta_c[(1/2)mv^2]$ de l'énergie cinétique.

2° Lorsque ρ et $\vec{i}$ sont faibles (3), (4), (5) et (6) permettent le calcul des échanges d'énergie au second ordre près en ρ et $\vec{i}$ en considérant les champs $\vec{E}_\omega$ et $\vec{H}_\omega$ en l'absence d'électrons.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur les réflexions internes des ondes électromagnétiques dans un milieu stratifié. Application à la troposphère.* Note (*) de MM. **G. Eckart** et **Théo Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étant donné un milieu non homogène dépourvu de pertes, dont la constante diélectrique ε et la perméabilité μ sont des fonctions à dérivées continues de z (direction de stratification) (ou, par analogie, étant donnée une ligne électrique, dont l'inductance L et la capacité C linéiques sont de telles fonctions), nous avons étudié la réflexion que nous qualifions « d'interne », et qui est produite par cette non-homogénéité seule. Si l'on a affaire dans ce milieu stratifié (ou le long de cette ligne), à une discontinuité de ε, μ (ou de L, C), ou seulement à une discontinuité du gradient de ces grandeurs, on obtient des réflexions que nous appelons par définition des réflexions « externes ». L'objet de cette Note est la réflexion interne seule. Nous avons démontré dans un travail à paraître que la condition nécessaire et suffisante, pour que cette réflexion s'annule, est que l'impédance caractéristique $Z = \sqrt{\mu(z)/\varepsilon(z)}$ (ou $\sqrt{L(z)/C(z)}$) du milieu (ou de la ligne non homogène) soit constante. En d'autres termes, si Z est constant, aucun déphasage ne se produit entre les champs E et H (ou la tension V et le courant I). Si l'on remplace le milieu par une suite de couches minces homogènes juxtaposées, on n'aura, dans chaque couche, une onde se propageant dans un seul sens que si $V = ZJ$; V et J sont alors en phase. S'il y a entre V et J une autre relation (contenant, par exemple, un déphasage), on aura, même en l'absence de discontinuité extérieure, une onde réfléchie intérieurement donnée par le coefficient de réflexion

$$(r) = \frac{|V(z) - J(z)Z(z)|}{|V(z) + J(z)Z(z)|},$$

l'impédance caractéristique étant toujours définie par $\sqrt{L(z)/C(z)}$ ou $\sqrt{\mu(z)/\varepsilon(z)}$ et non pas par V/J ou E/H, les deux définitions ne se confondant que pour une onde progressive sans onde de retour.

Nous avons calculé le coefficient de réflexion r pour le cas important de la troposphère stratifiée, caractérisée par $\mu = \text{const}$, $\varepsilon = \alpha z + \beta$, avec $\beta \cong 1$, $\alpha = 10^{-7}/m$. En nous restreignant à de faibles valeurs de $a = \omega^2 \mu_0 \mu \varepsilon_0 \alpha$, on a

(*) Séance du 11 avril 1949.

avec $b=\omega^2\mu_0\mu\varepsilon_0\beta$, $Z=\sqrt{\mu_0\mu/(\alpha z+\beta)\varepsilon_0}$,

$$|r|=\frac{\left|\dfrac{aj}{4b^{\frac{3}{2}}}\right|}{\left|\left\{1+a\left(-\dfrac{z}{2b}-\dfrac{jz^2}{2\sqrt{b}}-\dfrac{j}{4b^{\frac{3}{2}}}\right)\right\}\right|}.$$

Pour $z=0$, on a $r=(i\alpha/4b^{3/2})$, $z=0$ étant la limite de la troposphère constituée par le sol (pour $z>0$, r va en diminuant). En admettant $\beta=1$ pour la troposphère, on a donc $r=j\alpha(\lambda/8\pi)$ (valable pour α petit et ω grand). Le coefficient de réflexion est donc proportionnel à la longueur d'onde λ. Ceci étant, nous avons étudié une impulsion de la forme $F(t)=e^{-k^2t^2}e^{j\omega_0 t}$ traversant la troposphère verticalement et subissant une distorsion due précisément à la réflexion interne et ce pour diverses valeurs de k et de ω_0.

Il résulte de notre analyse qu'en admettant un gain de puissance du récepteur et de l'émetteur de 100, on obtiendrait pour $\omega_0=3.10^9$ et une puissance émise raisonnable, une réflexion interne déjà décelable. Or, cette réflexion interne ne saurait être observée parce qu'il est impossible de distinguer l'impulsion émise de l'impulsion réfléchie frappant quasi simultanément l'antenne commune d'émission et de réception. De même dans le cas de l'emploi d'une antenne de réception séparée de l'antenne d'émission, il serait pratiquement impossible de découpler l'aérien émetteur de l'aérien récepteur dans une proportion de 10^{-9} pour séparer l'impulsion émise de l'impulsion réfléchie. Mais si l'on a affaire à un milieu ayant un grad ε supérieur (de 10 à 100 fois) au gradient admis précédemment, une réflexion due à ce gradient sera nettement perceptible, ce qui est en accord avec les observations, à condition que le gradient se trouve à une distance suffisamment grande de l'émetteur-récepteur. En conclusion, les réflexions internes ne peuvent pas s'observer dans le cas de la stratification continue normale de la troposphère avec des ondes électromagnétiques. Comme la variation des caractéristiques acoustiques de la troposphère est beaucoup plus forte, on peut espérer les mettre en évidence par une expérimentation appropriée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la dissociation des phosphates de sodium, des phosphates de potassium et du sel de phosphore.* Note de M. **Haldun N. Terem** et Mlle **Sâman Akalan**, présentée par M. Paul Pascal.

La dissociation thermique des phosphates mono ou disodique, mono ou dipotassique et du sel de phosphore a été étudiée à des températures linéairement croissantes ou fixes, à l'aide de la balance hydrostatique de Guichard [1];

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, (4), 37, 1925, p. 251 et 39, 1926, p. 113.

l'ammoniac dégagé par le sel de phosphore était déterminé par une méthode différentielle mise au point par l'un de nous ([2]).

1. L'échauffement étant de 240° par heure, le phosphate monosodique commence à se dissocier à 180° (courbe *a* du diagramme *mol eau dégagée, température* de la figure 1), et le palier : 0,5 mol eau confirme la forma-

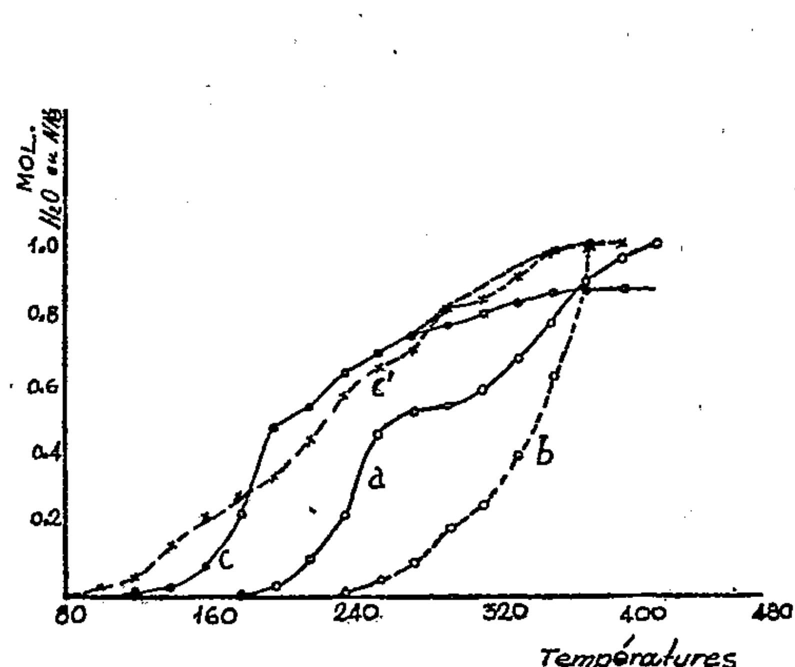


Fig. 1.

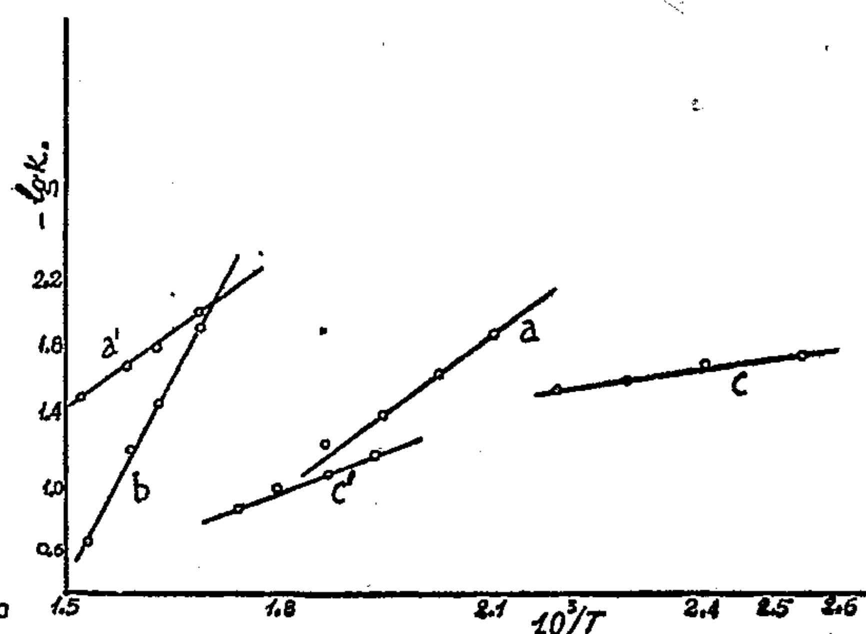


Fig. 2.

tion du pyrophosphate acide, donnant à son tour le métaphosphate. Les essais aux températures fixes : 200, 220, 240, 260°; 320, 340, 360, 380° donnent des droites *mol eau dégagée-temps*, dont les pentes *k* vérifient la loi d'Arrhenius (droites *a* et *a'* de la figure 2) et donnent pour les énergies d'activation des réactions $2NaH_2PO_4 \rightarrow Na_2H_2P_2O_7 + H_2O$ et $Na_2H_2P_2O_7 \rightarrow 2NaPO_3 + H_2O$ respectivement 13400 et 13800 cal.

Le phosphate disodique se dissocie entre 240 et 360° en pyrophosphate, l'énergie d'activation de la réaction est 15400 cal.

2. Les essais de dissociation du phosphate monopotassique n'ont pas donné de résultats bien reproductibles, trois sur neuf seulement des courbes *eau dégagée-températures* obtenues offrant un très léger palier à la hauteur de 0,25 mol H_2O (courbe *b* de la figure 1); les autres étaient régulières. Ceci explique les divergences d'opinion de Balarew ([3]), Kiehl et Wallace ([4]), Kackspill et Laufenburger ([5]) sur l'existence et même la formule du produit formé, qui serait d'après nous un composé très instable, $K_4H_6P_4O_{15}$, formé entre 300 et 320°. Les essais faits à 320, 340, 360 et 380° donnent 34500 cal. pour l'énergie d'activation de la réaction $K_4H_6P_4O_{15} \rightarrow 4KPO_3 + 3H_2O$ (droite *b* de la figure 2).

([2]) H. N. TEREM, *Rev. Fac. Sciences Univ. Istanbul*, série A, 2, 1946, p. 107.
([3]) *Z. anorg. Ch.*, 118, 1921, p. 125.
([4]) *J. Am. Soc.*, 49, 1927, p. 383.
([5]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 399.

Le phosphate dipotassique se dissocie entre 340 et 520°, en donnant directement le pyrophosphate; l'énergie d'activation est 9600 cal.

3. La dissociation du sel de phosphore est marquée par un léger palier sur la courbe NH_3 *dégagé-température* (*c*) de la figure 1, correspondant à la formation d'un pyrophosphate acide, vers 220°. Les expériences sont bien reproductibles. Il existe un second palier, très net, entre 300 et 320° [courbe *eau dégagée-température* (*c'*) de la figure 1]. Il se forme donc à 300° un métaphosphate hemihydraté, qui laisse partir son eau à partir de 320°; le dégagement de l'ammoniac commence à 120° et finit à 380°. A ces températures relativement basses, l'ammoniac ne se dissocie que d'une façon très légère, car il est possible de faire des dosages bien plus exacts que dans le cas des phosphates ammoniacaux, où l'ammoniac continue à se dégager même au rouge. Néanmoins, la courbe *effective* de dégagement se différencie légèrement de la courbe *réelle*, dont l'allure probable est indiquée en pointillé (courbe *c* de la figure 1). Les essais à températures fixes, entre 120-180° et 240-300°, donnent, pour l'énergie d'activation des réactions $2\,NaH\,NH_4\,PO_4 \rightarrow Na_2\,HNH_4\,P_2\,O_7 + NH_3 + H_2O$ et $Na_2\,HNH_4\,P_2\,O_7 \rightarrow (NaPO_3)_2, H_2O + NH_3$ les valeurs $W = 6200$ et 7000 cal. (droites *c* et *c'* de la figure 2).

Ajoutons que le sel de phosphore, connu jusqu'ici comme un produit cristallisant avec 4^{mol} d'eau, a été obtenu anhydre par la méthode d'entraînement de Cerchez et Panaitescu ([6]), en présence de la fraction de l'éther de pétrole passant entre 40 et 50°.

4. Le sel de phosphore, aussi bien que les différents phosphates étudiés, chauffés dans l'hydrogène, donne un abondant dégagement d'hydrogène phosphoré, à partir de 600°, mais la réaction commence bien au-dessous de cette température (vers 300°) et semble moins marquée avec les phosphates dibasiques. Un dégagement intense ayant été également observé avec l'acide phosphorique et les phosphates ammoniacaux, l'acide métaphosphorique ou les métaphosphates semblent, aux mêmes températures, bien plus réductibles par l'hydrogène que les pyrophosphates.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence du climat et du sol sur l'alimentation phosphatée de la Vigne sous climat atlantique.* Note (*) de MM. **P.-J.-J. Franc de Ferrière**, **Jean Grenier de Ruère** et **Sylvain Siméon**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons examiné l'alimentation azotée de la Vigne. Nous résumons ici nos observations sur l'alimentation phosphatée obtenues en utilisant le diagnostic foliaire et l'analyse des sols.

([6]) *Bull. Soc. Chim.*, (4), 53, 1933, p. 243.

(*) Séance du 20 avril 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1351.

Aux 18 vignobles étudiés au cours des deux années 1947 et 1948 nous en avons ajouté 11 autres suivis seulement en 1948.

Le graphique ci-dessous traduit l'ensemble des déterminations effectuées fin floraison.

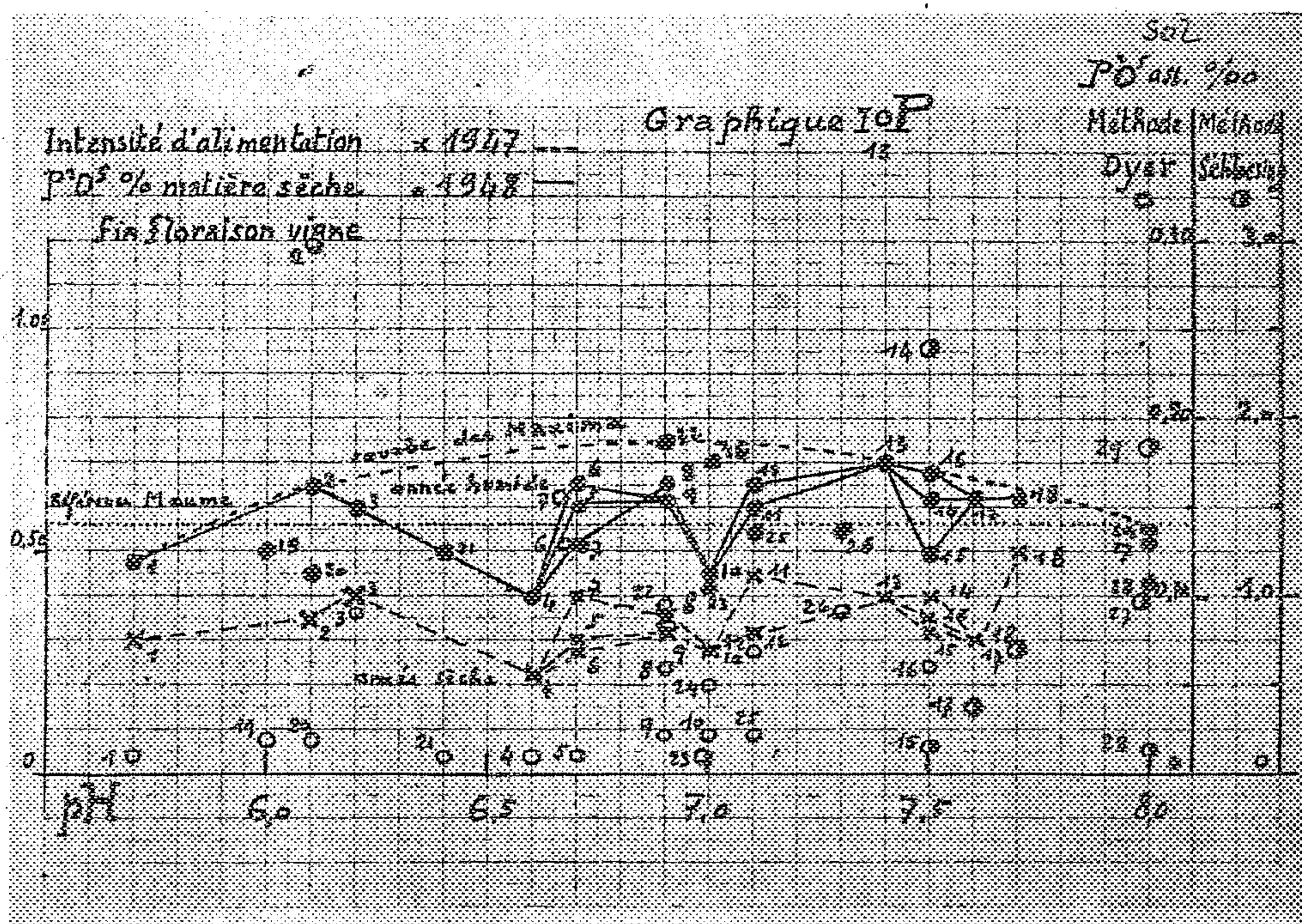


Fig. 1.

Ce graphique permet les observations suivantes :

1° *Influence du climat.* — Les intensités d'alimentation en P_2O_5 en 1947 et 1948 donnent deux courbes superposées : l'alimentation en année humide (1948) s'est montrée nettement et uniformément plus élevée que celle de l'année sèche (1947). Aucune exception n'a été relevée. Les intensités d'alimentation P_2O_5 de l'année humide oscillent autour de la droite de référence Maume (0,56 %), celles de l'année sèche sont toutes inférieures. Donc influence importante des conditions climatiques.

2° *Influence du* pH *du sol.* — *a.* Les écarts observés entre les alimentations phosphatées en année sèche et en année humide ne présentent pas de variations significatives dans toute l'échelle des pH.

b. Les maxima d'intensité d'alimentation aux divers pH donnent une courbe en cloche régulière, dont le maximum se situe au voisinage de pH 7, avec abaissement au-dessous de la référence Maume aux deux extrémités de la courbe, correspondant aux deux zones bien connues de carences phosphatées : terres fortement calcaires, terres fortement acides.

3° *Influence du* P_2O_5 *assimilable du sol.* — Afin d'éliminer le facteur pH, et de mettre en relief l'influence propre du P_2O_5 assimilable du sol sur la nutrition phosphatée, nous avons construit deux graphiques comportant seulement : intensité d'alimentation en P_2O_5 de la Vigne et P_2O_5 assimilable du sol, l'un pour la méthode Dyer (acide citrique), dans le cas des sols acides ou faiblement calcaires (*fig.* 2), l'autre pour la méthode Schlœsing-de Sigmond (acide nitrique) dans le cas des sols franchement calcaires.

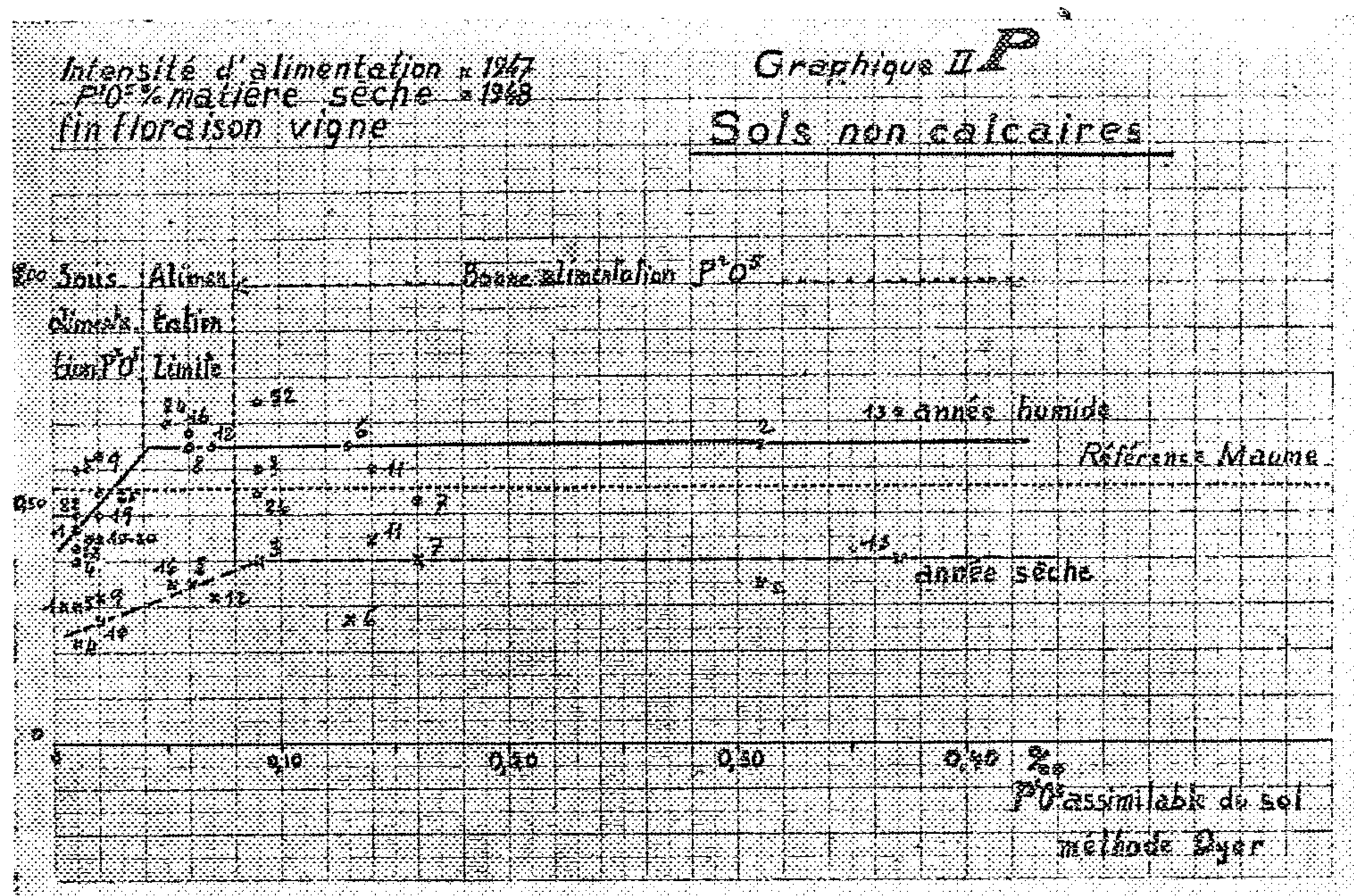


Fig. 2.

Dans les deux cas, les points se disposent autour de deux courbes, chacune d'elles composée de deux tronçons distincts : une branche ascendante correspondant aux faibles teneurs en P_2O_5 assimilable du sol, une droite parallèle à la référence Maume pour les teneurs en P_2O_5 assimilables supérieures à une certaine limite. Cette limite dépend des conditions climatiques de l'année. Les deux droites 1947 et 1948 encadrent la référence Maume.

Ces observations permettent de diviser les 29 vignobles observés en trois catégories :

	Teneurs limites en P_2O_5 assimilable du sol (‰).		Nombre et pourcentage de vignobles étudiés.	
Vignobles.	Méthode Dyer.	Méthode Schloesing.	Nombre.	(%).
1. Sous-alimentés en P_2O_5...	$< 0,04$	$< 0,30$	12	41,5
2. Alimentation limite......	0,04 à 0,09	0,30 à 0,50	5	17,0
3. Bien alimentés en P_2O_5...	$> 0,09$	$> 0,50$	12	41,5

CHIMIE AGRICOLE. — *Carences en manganèse dans les sols humifères de Bretagne*. Note de MM. **Yves Coic** et **Marcel Coppenet**, présentée par M. Albert Demolon.

La nécessité du manganèse dans la nutrition végétale, mise en évidence dès 1903 par G. Bertrand, a pris depuis cette époque une importance croissante en Agronomie. Les cas signalés d'états pathologiques imputables à une déficience de Mn se sont multipliés, mais en France ils sont demeurés jusqu'ici plutôt exceptionnels, peut-être d'ailleurs par insuffisance d'observation.

Depuis de nombreuses années, des *jaunissements* sur blé et avoine ont été observés dans le Finistère, très fréquemment et sur de vastes étendues, lorsque ces plantes étaient cultivées sur des terrains très humides ayant été préalablement neutralisés par des amendements calcaires (maërl, trez). Nos études nous ont permis, d'une part, de montrer que ces symptômes étaient provoqués par une déficience de Mn assimilable par la plante et, d'autre part, de préciser la nature des symptômes externes de carence en Mn, les conditions de leur apparition, la détection par l'analyse des terres carencées et l'action de l'apport de sulfate de Mn en pulvérisation.

Symptomatologie externe. — Les symptômes de carence ont été décrits maintes fois sur avoine, plus rarement sur blé. Lorsque, à la fin de l'hiver ils apparaissent sur blé d'hiver, des phénomènes de *faim d'azote* peuvent également se manifester. Les symptômes des deux carences sont très différents et ne peuvent être confondus. Dans les deux cas, il y a chlorose générale, mais la carence en azote se traduit par un vieillissement prématuré des feuilles d'âge moyen, se manifestant par un jaunissement de l'extrémité de ces feuilles qui progresse peu à peu vers la base, tandis que la carence en Mn se traduit par la présence de taches grisâtres, décolorées, vers le milieu de la longueur des feuilles intermédiaires au niveau desquelles se produit une cassure à angle aigu, l'extrémité et la base de la feuille restant vertes. Le port des plantes déficientes en azote est dressé tandis que celui des plantes déficientes en Mn est affaissé.

	pH.	Mn échangeable (*) (mg/kg).	Mn total. (mg/kg).	Matières organiques. (g/kg).
Champ n° 1 : Combrit (Fin.).				
Partie saine..........	6,4	1,35	180	88
Partie malade........	6,8	0,65	200	78
Champ n° 2 : Kerfeunteun (Fin.).				
Partie saine..........	6,4	1,50	325	88
Partie malade........	6,6	0,90	320	84
Champ n° 3 : Penhars (Fin.).				
Partie saine..........	6,5	0,97	–	75
Partie malade........	6,6	0,57	–	71

(*) Extraction par l'acétate d'amonium N.

Conditions d'apparition des symptômes de carence en Mn. — Le tableau ci-dessus nous montre que l'on peut situer à 6,5 le seuil du pH à partir duquel dans ces terres très humifères nous rencontrons des symptômes de carence, ce qui ne veut pas dire qu'à un pH $< 6,5$ ces sols renferment une dose de Mn assimilable suffisante pour une croissance optima.

Détection des carences par l'analyse du sol. — Dans tous les sols analysés, nous trouvons une grande quantité de Mn total dont une très faible partie seulement peut être absorbée par la plante. Le taux de Mn échangeable du sol nous permet, par contre, de nous rendre compte des aptitudes du sol à fournir à la plante du Mn assimilable. En effet, il varie du simple au double entre les parties d'un même champ où l'on rencontre blé normal et blé carencé et corrélativement à une très faible variation de pH (0,2 unité). Environ 1^{mg} de Mn échangeable par kilogramme de terre fine est la valeur au-dessous de laquelle, pour les terres de notre région, le sol ne pourra fournir à de nombreuses variétés de blé le Mn suffisant pour éviter les symptômes de carence en cet élément. Il a été en effet intéressant de constater que la partie dite normale du champ n° 3 l'était fin février mais se montrait carencée fin mars.

Détection par l'analyse de la plante. — La carence en Mn par son action sur l'inhibition de la croissance de la plante se traduit par une augmentation de la teneur de la matière sèche en éléments nutritifs : N, P, K, Ca, Mg, et, par suite, en cendres, tandis que le taux de Mn baisse environ de moitié et ne dépasse pas 25^{mg} par kilogramme de jeune plante sèche.

Analyse des parties aériennes du blé (5 avril 1949).

	Matière sèche (% de matière fraîche.	Cendres (% de M. S.).	Mn (mg/kg).	Par plante Mat. Sèche.	Cendres.	Mn.
Blé normal...	15,4	12,8	48,5	470^{mg}	$60^{mg},0$	$22,7\gamma$
Blé guéri.....	16,0	12,4	91,0	351^{mg}	$43^{mg},5$	$32,0\gamma$
Blé carencé...	14,7	15,7	20,3	200^{mg}	$31^{mg},4$	$4,1\gamma$

Essais curatifs — L'arrosage des plantes malades par des solutions de sulfate de Mn à 0,25 %, à raison de 25 et 50^{kg} de $SO_4Mn, 1H_2O$ à l'hectare, a fait disparaître la chlorose générale, a arrêté le développement des symptômes de carence sur de nouvelles feuilles et atténué ceux existant sur les feuilles atteintes. Cet apport se traduit par l'augmentation très forte du taux de Mn de la matière sèche de la plante et par l'augmentation du poids de la plante normale. De plus, l'on constate que le pourcentage des cendres de la matière sèche diminue de façon à descendre au-dessous de celui de la plante dite *normale* et que le taux de matière sèche augmente et arrive à dépasser celui de la plante normale, ce fait peut être en relation avec la teneur de la plante en Mn et, peut-être, signifier que la plante dite *normale* ne contient pas une quantité de Mn nécessaire à une croissance optima.

Conclusions. — Dans une grande partie de la Bretagne, l'apport d'amendements calcaires aux sols humifères acides fait diminuer environ de moitié le Mn échangeable lorsque le pH passe de 6,4 à 6,6, avec, comme conséquence, l'apparition de symptômes de carence en cet élément sur blé et avoine, accompagnés d'une très forte diminution de rendement. On constate ces symptômes lorsque le taux de Mn échangeable du sol descend au-dessous de 1^{mg} par kilogramme et le taux de Mn de la jeune plante au-dessous de 25^{mg} par kilogramme.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'hypéropie cyclopégique produite par l'instillation d'atropine dans l'œil humain.* Note (*) de M. **Yves Le Grand** et Mlle **Janine Marandon**, transmise par M. Jean Becquerel.

On sait que l'instillation de divers produits dans l'œil humain provoque une paralysie de l'accommodation; c'est en particulier le cas de l'atropine qui, de ce fait, est parfois utilisée en ophtalmologie pour déterminer le *punctum remotum* avec la certitude d'une accommodation nulle. Mais cette paralysie est trop parfaite, en ce sens que non seulement le muscle ciliaire n'est pas contracté, mais que son *tonus* peut même disparaître plus ou moins complètement, ce qui, chez un sujet emmétrope, simule une hypéropie. La valeur de cette *hypéropie cyclopégique* est habituellement évaluée à une dioptrie au maximum (¹).

Au cours d'une étude, concernant l'effet des mydriatiques sur la pupille et la face avant du cristallin, l'un de nous a constaté expérimentalement des valeurs beaucoup plus considérables de cet effet. La méthode employée, précédemment décrite avec plus de détails (²), consiste à photographier l'image de Purkinje antérieure de deux sources de lumière placées à la même distance de l'œil, puis à mesurer au comparateur, sur le cliché, l'écartement d entre les images réfléchies, d'où l'on peut déduire le rayon de courbure de la face avant du cristallin. A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous les valeurs de d (en unités arbitraires correspondant aux divisions du comparateur) en fonction de l'accommodation A (en dioptries), pour un des sujets; ce jeune homme, âgé de 20 ans, était myope de 0,5 dioptrie, et par suite son remotum ($A = 0$) se situait à 2 mètres en avant de son œil.

A :	0	1	2	3	4	5	7	10
d :	25,50	23,20	20,21	17,66	14,80	13,98	13,75	11,01

L'instillation de mydriatiques tels qu'éphédrine, benzédrine ou méthédrine, ne modifie pas la valeur maximum de d; par contre l'homatropine l'accroît

(*) Séance du 20 avril 1949.

(¹) Y. Le Grand, *Optique Physiologique* (Éd. *Rev. d'Opt.*), 1, 1946, p. 253.

(²) J. Marandon, *Rev. d'Opt.*, 28, 1949, p. 146.

déjà un peu, et l'atropine la porte de 25,50 à 32,50. Si nous reportons ce résultat sur la courbe d'accommodation du sujet (*d* en fonction de A), nous en déduisons une valeur de A comprise entre — 1,5 et — 2 dioptries, soit une hypéropie cyclopégique rélativement considérable. Ce phénomène avait été sous-estimé par les méthodes usuelles de mesure, peut-être à cause des variations concomitantes du diamètre pupillaire qui modifient les aberrations.

Il semble donc que l'instillation d'atropine, spécialement chez les jeunes sujets dont l'accommodation est énergique, risque d'entraîner, en optométrie, des écarts importants entre le remotum cyclopégique ainsi obtenu, et le remotum naturel, où le muscle ciliaire, quoique détendu, conserve son tonus normal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Métaplasie du parenchyme splénique chez les cobayes traités par des substances cancérigènes.* Note de Mme **Véra Dantchakoff** et M. **J.-L. Nicod**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des altérations graves ont été provoquées dans les organes de cobayes gravides à la suite d'introduction de benzopyrène ou de méthylcholanthrène (1). Des expériences, dont l'exécution a été assurée par le Dr Nicod dans son Institut (Lausanne), révèlent, en effet, dans la rate de tels cobayes, une métaplasie profonde et généralisée.

L'organe adulte, foyer de production de petits lymphocytes, devient, dans les conditions de l'expérience, le siège de curieux processus de différenciation. Un tissu hémoblastique jeune, proliférant intensément, envahit graduellement l'organe entier et ne manifeste aucune tendance à la différenciation. L'organe finit par perdre tous ses caractères typiques, tels les pulpes blanches et rouges, avec leurs follicules et sinus.

Ces transformations commencent autour des minces septa conjonctifs de la rate ou, plus souvent encore, entre les sinus de la pulpe rouge, dans ce tissu mésenchymateux qui s'y trouve normalement en quantité négligeable. Elles se propagent vers la périphérie des follicules et le tissu splénique différencié est graduellement transformé en une nappe uniforme de grandes et belles cellules amiboïdes, à cytoplasme abondant et basophile, à noyau clair, turgescent, muni de nucléoles. Les mitoses y sont fréquentes; on en voit deux à quatre par champ à l'immersion.

Ce renversement dans l'histogénèse normale de la rate adulte est régulièrement précédé d'une période de forte hypérémie de l'organe, de ravages étendus parmi les érythrocytes et de la libération de très nombreux phagocytes réticulo-endothéliaux, qui accomplissent un nettoyage scrupuleux de l'organe.

(1) Vera Dantchakoff, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1276.

Interprétation. — L'introduction des substances cancérigènes a lieu dans la paroi abdominale (dose totale de 35 à 100^{mg}; 5^{mg} par injection, avec ou sans interruption de plusieurs mois entre deux traitements) et provoque des effets multiples et discontinus, tels la métaplasie de la rate. Or, les ganglions lymphatiques n'offrent pas de changements appréciables; il serait donc permis de conclure que les facteurs actifs arrivent dans la rate par la voie sanguine, le mésenchyme contigu aux larges et minces sinus de la rate étant, en effet, le premier à réagir aux substances introduites et véhiculées par le courant sanguin.

Trois caractères distinguent le comportement du mésenchyme splénique :

1° *Il s'individualise en cellules jeunes, libres et amiboïdes, en hémoblastes* (larges lymphocytes), que l'on retrouve même dans la lumière des sinus.

2° *Ces cellules prolifèrent d'une manière excessive,* absolument atypique pour un organe adulte.

3° *Cette intense prolifération n'est pas suivie de différenciation :* les cellules-filles semblent garder le même métabolisme que leurs cellules-mères, ce qui aurait pour conséquence une prolifération mitotique toujours identique, exempte de changements progressifs.

Or, c'est précisément un tel bouleversement dans le métabolisme d'une cellule normale qui la rend tumorale, en lui assurant une identité permanente dans ses processus vitaux et, partant, une identité dans sa reproduction. L'hémoblaste de nos cobayes acquiert dans la rate ce caractère qui le distingue des hémoblastes d'un organe hématopoïétique normal. C'est précisément ce caractère acquis qui rend incertain l'avenir de la métaplasie obtenue : entraînés par le courant sanguin, de tels hémoblastes pourraient, dans des territoires et dans des conditions favorables, établir des foyers distants de tissu similaire, soit des métastases.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absence des propriétés antigéniques du sérum sanguin chez certaines protéides.* Note (*) de MM. **Maurice Doladilhe** et **Pierre Legrand**, présentée par M. Gaston Ramon.

En 1937 Tisélius ([1]) démontre que la globuline du sérum sanguin est un mélange de trois constituants (α, β, γ) qui se différencient par leur mobilité dans le champ électrique. Il constate également que la sérum-albumine séparée par les méthodes usuelles est souillée par ces différentes globulines dans la proportion de 25 %.

En 1945 Colette Magis et Michel Machebœuf ([2]) reprenant les travaux de Tisélius, démontrent la présence de ces globulines dans la sérum-albumine.

(*) Séance du 20 avril 1949.

([1]) *Tr. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 524.

([2]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 17, 1945, p. 302.

Dans la même année, Francis Tayeau et Mme Micheline Florentin-Martin étudient le fractionnement des protéides sériques et concluent, également, à la souillure de la sérum-albumine par les globulines ([3]).

Les méthodes usuelles de fractionnement conduisent donc à des mélanges.

Les immunologistes ont montré que, dans ces mélanges, les globulines paraissent exercer les fonctions anticorps.

L'anaphylaxie a renoncé cependant à différencier les globulines de l'albumine, à cause de l'impossibilité de séparer d'une façon parfaite et pratique les constituants de ces mélanges.

L'un de nous a signalé antérieurement ([4]) comment, en traitant la sérum-albumine d'Hofmeister par certains sels de métaux lourds, on en précipite 25 % environ (ce qui correspond à la proportion des globulines) et l'on obtient un surnageant protéidique qui, après dialyse, se révèle atoxique et anaphylactiquement inerte.

Nous donnons, aujourd'hui, une méthode simple et pratique qui permet, en partant du sérum complet, de fractionner les protéides en deux groupes dont l'un est dépourvu de tout pouvoir antigénique.

En voici la technique : à 1^{cm^3} de sérum complet on ajoute 5^{cm^3} d'une solution saturée (dans l'eau distillée) de chlorure de plomb; un premier précipité se produit. On porte à 52° pendant 30 minutes le mélange sérum-chlorure de plomb et précipité; on insolubilise ensuite la fraction encore soluble du complexe plomb-protéide en ajoutant $0^{cm^3},7$ d'une solution de NaCl à 100 g/l. Nous appellerons A la solution obtenue après centrifugation et dialyse prolongée.

On laisse le précipité macérer dans $5^{cm^3},7$ d'une solution de chlorure de sodium à 8,5 g/l; nous appellerons B la solution obtenue.

Alors que A n'est pas antigénique, B l'est; cette dernière fraction est en effet seule capable de provoquer chez le Lapin la formation de précipitines anti-sérum ou anti-globulines.

L'anaphylaxie est une méthode beaucoup plus sensible; nous avons donc procédé aux expériences suivantes sur 3 séries de 20 cobayes chacune.

Les animaux sont préparés par l'injection intrapéritonéale, la première série de $0^{cm^3},15$ de sérum complet, la deuxième de 1^{cm^3} de A et la troisième de 1^{cm^3} de B.

Quarante jours après l'injection préparatoire, les cobayes sont éprouvés par l'injection intra-cardiaque de $0^{cm^3},5$ de sérum complet.

Les résultats sont absolument nets; tous les cobayes préparés par B subissent le choc anaphylactique type et mortel; ceux préparés par A ne présentent, au contraire, aucun des symptômes du choc anaphylactique.

([3]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1945, p. 314.

([4]) DOLADILHE, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 66.

Les expériences démontrent, une fois de plus, qu'une fraction des protéides du sérum sanguin est dépourvue du pouvoir antigénique.

Le manque de test précis pour différencier d'une façon définitive les globulines de l'albumine nous oblige, par contre, à nous contenter d'une hypothèse sur la nature des fractions que nous séparons en attribuant à la sérum-albumine l'inertie antigénique et aux globulines l'activité antigénique.

MICROBIOLOGIE. — *Mesure comparative du pouvoir bactériostatique des six dinitrophénols isomères.* Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Pierre Landrin** et **Jean Solomidès**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Des différents dinitrophénols isomères, le 2-4 dinitrophénol est jusqu'ici seul utilisé en thérapeutique comme amaigrissant. Ayant été amenés à rechercher l'action bactériostatique des alcoxyaminonitrobenzènes, nous avons accessoirement fabriqué le 2-5 dinitrophénol, dont l'étude fut alors poursuivie parallèlement. Les résultats intéressants observés aussitôt, nous ont conduits à préparer les autres isomères et à comparer leur activité.

Ces essais ont été poursuivis vis-à-vis de trois germes particulièrement typiques : le streptocoque, le colibacille et le bacille tuberculeux. Nous avons, dans tous nos titrages, utilisé une souche sélectionnée de chacun de ces microbes et avons opéré, autant qu'il était possible, dans des conditions identiques, de façon à obtenir une idée satisfaisante de la valeur bactériostatique relative des isomères étudiés.

Dans toutes ces expériences, nous avons employé des solutions de dinitrophénol à 1/100 dans l'alcool éthylique à 95° et suivi les techniques décrites ci-après :

a. Colibacille et streptocoque. — Nos titrages ont été effectués en bouillon peptoné ordinaire additionné de 1/30 de sérum de cheval. Des doses décroissantes de solution du dinitrophénol essayé étaient réparties dans des tubes à essai; les tubes témoins, ne contenant pas de dinitrophénol, recevaient des quantités équivalentes d'alcool éthylique. Tous ces tubes furent ensemencés avec $0^{cm^3},1$ de culture de 24 heures du microbe choisi, préalablement diluée à 1/10 000 et les résultats enregistrés après 48 heures d'étuve à 37°.

b. Bacille tuberculeux. — Nous avons employé une souche humaine (souche Knack, ...) extrêmement virulente et nos titrages ont été pratiqués en milieu de Sauton additionné de 1/30 de sérum de cheval, selon la technique décrite récemment par l'un de nous [1] et qui consiste à ensemencer le milieu de Sauton additionné de sérum avec $0^{mg},01$ de bacilles tuberculeux (poids humide) prélevés à partir d'une culture sur pomme de terre âgée de moins d'un mois.

Après 14 jours d'étuve, on constate dans ces conditions que les tubes à essai

---

(1) J. Solomidès, *Soc. franç. Microbiol.*, 3 février 1949.

contenant une quantité suffisante de dinitrophénol restent limpides, alors que dans les tubes contenant des quantités plus faibles de cette substance, le bacille tuberculeux se développe sous forme de dépôt granuleux abondant, qui par agitation donne une suspension toujours granuleuse.

Les résultats obtenus avec les six dinitrophénols isomères sont réunis dans le tableau ci-dessous :

Produit utilisé.	Dilutions du produit dans les cultures inhibant le développement des microbes.		
	Colibacille.	Streptocoque.	Bacille de Koch.
2-3 dinitrophénol..........	1/ 8 000	1/ 10 000	1/1 000 000
2-4 »	1/10 000	1/ 10 000	1/ 100 000
2-5 »	1/20 000	1/200 000	1/1 000 000
2-6 »	1/10 000	1/ 10 000	1/ 100 000
3-4 »	1/ 5 000	1/ 10 000	1/ 100 000
3-5 »	1/50 000	1/ 30 000	1/ 200 000

Comme on le voit, le 2-5 dinitrophénol se montre de beaucoup le plus actif de toute la série de ces isomères. Nous avons donc poursuivi l'étude de ses propriétés bactériostatiques sur d'autres microbes : le bacille typhique, le bacille diphtérique, le vibrion cholérique, le bacille de Shiga, le pneumocoque et le staphylocoque doré.

Pour chacun de ces germes, nous avons ensemencé les tubes à essai contenant du bouillon additionné de sérum à 1/30 avec $0^{cm^3},1$ d'une culture sur bouillon âgée de 24 heures et préalablement diluée à 1/10 000 dans la majorité des cas, et à 1/100 seulement pour le pneumocoque et le staphylocoque. Les résultats obtenus furent les suivants :

Microbes.	Dilutions inhibitrices.
Bacille typhique........................	1/ 10 000
Bacille diphtérique.....................	1/100 000
Vibrion cholérique.....................	1/ 15 000
Bacille de Shiga........................	1/150 000
Pneumocoque..........................	1/100 000
Staphylocoque doré....................	1/100 000

Nous avons, par la suite, réalisé une dispersion de 2-5 dinitrophénol dans l'éther oxyde de diéthylèneglycol et d'alcool ricinoléique. Les dispersions aqueuses du 2-5 dinitrophénol ainsi obtenues ont été étudiées vis-à-vis du colibacille, du streptocoque et du bacille tuberculeux, dans les mêmes conditions que précédemment et nous avons constaté que, vis-à vis du streptocoque et du colibacille, l'activité antibiotique de ce produit reste la même, alors qu'elle augmente de 10 fois environ vis-à-vis du bacille tuberculeux. Il y aurait donc une sorte de potentialisation de l'activité tuberculostatique du 2-5 dinitrophénol par dispersion aqueuse.

Conclusions. — Les six dinitrophénols isomères, dont nous avons étudié

in vitro l'action bactériostatique sur le colibacille, le streptocoque et le bacille tuberculeux humain, nous apparaissent doués d'une incontestable activité; toutefois, le 2-5 dinitrophénol se sépare manifestement des 5 autres.

Les isomères 2-3, 2-4, 2-6, 3-4 et 3-5 inhibent le développement du colibacille et du streptocoque à des dilutions de l'ordre de 1/10 000 et le bacille de Koch à des dilutions voisines de 1/100 000 (l'isomère 2-3 est exceptionnellement plus actif sur le bacille de Koch).

L'isomère 2-5 montre une action comparable à celle des autres sur le colibacille, mais se révèle, vis-à-vis du streptocoque et du bacille de Koch, doué de propriétés antibiotiques environ 10 fois supérieures. En dispersion aqueuse, ces propriétés sont encore accrues vis-à-vis du bacille tuberculeux. Le 2-5 dinitrophénol exerce, en outre, une action inhibitrice marquée sur le bacille de Shiga, le bacille de Lœffler et le pneumocoque.

A 15h25m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h55m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant le mois de mars 1949 (*suite*).

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. I. Fasc. IV, 1923 : *Traitement de la gale du dromadaire à l'Institut Pasteur d'Algérie* (IVe Note), par André Donatien, J. Arnaud; T. III. Fasc. III, 1925 : *Les maladies microbiennes des animaux domestiques en Algérie. État actuel de nos connaissances*, par André Donatien; T. V. Fasc. I, 1927 : *Immunisation des bovidés contre la fièvre charbonneuse*, par André Donatien, Félix Lestoquard, L. Rampon, H. Hilbert; T. V. Fasc. II, 1927 : *Les anémies du mouton et de la chèvre en Algérie*, et T. IX. Fasc. III, 1931 : *Les maladies du bétail en Algérie*, par André Donatien, Félix Lestoquard; T. X, 1932, n° 4 : *Quelques observations sur la biologie des cératopogoninés d'Algérie*, par Edmond Sergent, Louis Parrot, André Donatien; T. XVII, 1939, n° 1 : *Vaccinations simultanées par le vaccin antibactéridien* G. A. *et le vaccin antisymptomatique*, et Id. n° 2 : *Sur quelques maladies subtropicales du bassin méditerranéen*, par André Donatien, Félix Lestoquard; Id. : *Peut-on concilier la chèvre et la forêt? Étude expérimentale* (Première Note) et T. XVIII, 1940, n° 3 : *Essai de protection de la forêt contre la chèvre* (Deuxième Note), par Edmond et Étienne Sergent, André Donatien; T. XXIII, 1945, n° 4 : *Expériences de protection des animaux domestiques contre la piqûre des tiques, par la poudre insecticide* D. D. T., par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot; T. XXIV, 1946, nos 3-4 : *Sur une épizootie localisée de peste aviaire en Algérie*, par André Donatien, G. Gayot; 12 fasc. 24cm.

Leishmanioses animales. Pathogénie, Pathologie, Traitement, par ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD. Extrait de la *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, 1936, n° 472.; 1 fasc. 23cm,5.

L'étiologie des Leishmanioses, par LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD, Extrait de *l'Algérie médicale*. Alger, Imprimerie Fontana, 1932; 1 fasc. 27cm,4.

Leishmaniose cutanée primitive expérimentale de la souris blanche, par LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN. Extrait des *Comptes rendus de la Société de biologie*. T. XCVI, 1927 1 feuille 24cm.

Transmission expérimentale du bouton d'Orient (clou de Biskra) à l'homme par Phlebotomus papatasi (Scopoli), par EDMOND et ÉTIENNE SERGENT, LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN, M. BÉGUET. Extrait des *Annales de l'Institut Pasteur*. T. XL, 1926. Paris, Masson; 1 fasc. 24 cm.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XV, 1922, n° 6 : *Un nouveau cas sporadique de bouton d'Orient sur le littoral algérien*, et T. XIX, 1926, n° 8 : *Infection naturelle et infection expérimentale de* Phlebotomus papatasi (Scop.), *par le parasite du bouton d'Orient*, par LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN. T. XXII, 1929, n° 4: *Parasitisme anormal dans un cas de leishmaniose du chien* et T. XXIII, 1939, n° 7 : *Sur le développement du parasite de la leishmaniose canine viscérale chez* Phlebotomus major var. perniciosus *Newstead*, par LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD; T. XXVI, 1933, n° 2: *Revue historique du problème de la transmission des Leishmanioses*, par EDMOND et ÉTIENNE SERGENT, LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD ; T. XXVIII, 1935, n° 1 : *Sur la culture des* Leishmania *en milieu* NNN *mouillé*, par LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN; Id. n° 6: *Notes sur la leishmaniose viscérale canine* et T. XXX, 1937, n° 1 : *Le parasitisme du poumon dans la leishmaniose générale du chien*, et T. XXXI, 1938, n° 3 : *Remarques sur l'évolution de la leishmaniose générale du chien ; Observations d'un cas de leishmaniose générale du chien accompagnée de néoplasie*, et Id. n° 6 : *Parasitisme de la matrice unguéale dans la leishmaniose générale du chien*, par ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD. Paris, Masson; 11 fasc. 24cm.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. IV. Fasc. I, 1926 : *Observation et iconographie d'un clou de Biskra transmis par Phlebotomus papatasi* (Scop.). *Étude expérimentale du virus*, par EDMOND et ÉTIENNE SERGENT, LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN, M. BÉGUET; T. V. Fasc. I, 1927 : *Le parasite du bouton d'Orient chez le phlébotome. Infection naturelle et infection expérimentale de Phlebotomus papatasi* (Scop.), par LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN ; T. V. Fasc. II, 1927 : *Notes expérimentales sur le bouton d'Orient et sur la leishmaniose canine viscérale*, et T. IX. Fasc. III, 1931 : *Observations nouvelles sur le développement du parasite de la leishmaniose viscérale du chien chez un phlébotome* (Phlebotomus perniciosus), et T. X, 1932, n° 2 : *Leishmaniose et fusospirochétose associées chez le chien*, et T. XI, 1933, n° 2 :*Notes et réflexions sur la biologie de Phlebotomus perniciosus Newstead en Algérie*, par LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD; T. XVI, 1938, n° 2 : *Sur l'évolution de la leishmaniose générale du chien* et *Observation d'un cas de leishmaniose générale du chien accompagnée de néoplasies*, par ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD; T. XVII, 1939, n° 2 : *La prophylaxie de la leishmaniose générale méditerranéenne*, par EDMOND SERGENT, LOUIS PARROT, ANDRÉ DONATIEN, FÉLIX LESTOQUARD; 9 fasc. 24cm.

(*à suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 MAI 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation des décrets, en dates des 16 et 22 avril 1949, portant approbation des élections que l'Académie a faites de M. **LOUIS LEPRINCE-RINGUET** pour occuper, dans la Section de physique générale, la place vacante par le décès de M. MARCEL BRILLOUIN, et de M. **HIPPOLYTE PARODI**, pour occuper dans la Section des applications de la Science à l'Industrie, la place vacante par le décès de M. LOUIS LUMIÈRE.

Sur l'invitation de M. le **PRÉSIDENT**, MM. **LOUIS LEPRINCE-RINGUET** et **HIPPOLYTE PARODI** prennent place parmi leurs Confrères.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à Lord **HANKEY**, Membre de la « Royal Society » et à M. **MANNE SIEGBAHN**, Membre de l'Académie des Sciences de Stockholm, qui assistent à la séance.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une préparation du phosphore à basse température.* Note de MM. **PIERRE JOLIBOIS** et **JEAN-CLAUDE HUTTER**.

Les préparations classiques du phosphore par réduction de l'acide phosphorique ou du phosphate de calcium naturel exigent des températures élevées, qui, dans certains cas même, font appel à l'emploi du four électrique.

Nous avons mis au point une méthode qui libère du phosphore à une température inférieure à 1000°; il suffit de réduire par l'hydrogène des phosphates de métaux dont les phosphures sont instables ou faciles à dissocier.

Les expériences sont exécutées d'une manière très précise dans un appareil entièrement clos où circule le gaz réducteur grâce à une trompe à mercure. Le produit de la réduction est absorbé par un réactif approprié. Le phosphate à réduire est placé dans une nacelle située à l'intérieur d'un tube de quartz chauffé progressivement à une température exactement mesurée au moyen

d'un couple. L'étude de la pression dans l'appareil qui a été préalablement jaugé permet de mesurer à chaque instant la quantité de gaz réducteur restant dans l'appareil, et par conséquent, d'être fixé sur l'état d'avancement de la réduction du phosphate soumis à l'expérience en quantité connue.

Le phosphate de bismuth PO_4Bi commence à se réduire par l'hydrogène à 450°. La réaction est terminée à 600° et le résidu est formé de bismuth pur.

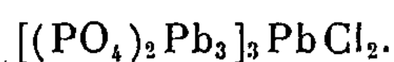
Le phosphate d'étain, en présence d'un excès d'oxyde stannique, commence à être réduit à 300°. La réaction est terminée à 800°. Le résidu est du métal pur.

Le phosphate de plomb $(PO_4)_2Pb_3$ entre en réaction à 650°. La réaction est terminée à 900°. Le résidu est constitué par du plomb pur.

Dans toutes ces réactions le phosphore ne s'est pas combiné au métal et s'est dégagé à l'état libre.

Les cas que nous venons d'examiner sont relatifs à une réduction par l'hydrogène avec transformation quantitative de l'oxygène du phosphate en eau. Il est assez extraordinaire de constater que ces réactions faciles avec l'hydrogène ne se produisent pas avec l'oxyde de carbone aux températures inférieures à 1000°. Une semblable constatation n'a jamais été faite avec les oxydes purs ; il semble que l'acide phosphorique joue un rôle d'anticatalyseur dans les réductions par l'oxyde de carbone. L'inertie de ce dernier est telle que ces phénomènes de réduction constituent une excellente méthode de séparation de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone.

Le problème de la préparation du phosphore à basse température serait résolu d'une manière incomplète si l'on ne savait passer facilement du phosphate naturel aux phosphates que nous avons cités plus haut. Or, dans un travail antérieur, en collaboration avec G. Chaudron [1], l'un de nous a montré que l'on obtenait très facilement par une double décomposition à la température ordinaire, entre le phosphate de calcium naturel et le chlorure de plomb, une substance de formule



$$[(PO_4)_2Pb_3]_3PbCl_2.$$

Cette matière est également réductible par l'hydrogène entre 600 et 850° avec formation quantitative de plomb et de phosphore, ce qui permet d'envisager cette préparation sous un aspect industriel.

Le plomb reste inaltéré dans cette opération qui ne dépense que du chlore et de l'hydrogène.

---

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1650.

PHYSIOLOGIE. — *Équilibre acido-basique plasmatique et durée de résistance à l'anoxie.* Note de MM. **Léon Binet** et **Moïse-V. Strumza.**

L'équilibre acido-basique du sang intervient-il dans les variations de résistance de l'organisme à l'anoxie? Il y a dix ans nous avons montré, avec D. Voghel [1], que la baisse de la réserve alcaline consécutive à l'anoxie n'est pas la cause de l'arrêt respiratoire et que le relèvement partiel ou total de cette réserve ne favorise pas la survie. Poursuivant nos expériences, nous avons pu mettre en évidence l'effet défavorable de l'hypercapnie et inversement l'effet favorable de l'hypocapnie.

L'influence du taux du CO_2 total plasmatique artériel sur l'activité respiratoire a été recherchée par la méthode suivante [2] : un chien, chloralosé depuis moins d'une heure, dont on inscrit la pression artérielle fémorale et la pression intratrachéale, est amené à respirer brusquement un mélange gazeux à la pression atmosphérique mais fortement appauvri en oxygène. Le temps écoulé jusqu'à l'arrêt respiratoire primaire sert de test de résistance. Le sujet rapidement réanimé à la suite de la respiration artificielle par insufflation d'oxygène pur, est testé par la même épreuve dix minutes après la réoxygénation.

Dans l'intervalle des deux épreuves, nous avons fait varier le taux de CO_2 total plasmatique dans les deux sens, tantôt en l'abaissant par l'hyperventilation, tantôt en l'élevant par la respiration d'un mélange gazeux enrichi en CO_2. En l'absence de toute intervention intercalaire, la durée de résistance à l'anoxie est sensiblement identique lors des deux épreuves successives. Ce fait, établi sur plus de cent expériences, nous permet d'attribuer aux variations du CO_2 total plasmatique les différences notées dans la durée de résistance.

Voici les résultats de nos expériences :

Un groupe de 10 chiens, après une première épreuve d'anoxie par respiration d'azote pur qui entraîne l'apnée en un temps moyen de 1 minute 58 secondes, est soumis à une hyperventilation plus ou moins intense à l'aide d'une pompe à respiration artificielle. Une minute avant la seconde épreuve, l'hyperventilation est interrompue et l'animal respire librement à l'air atmosphérique. Le CO_2 total plasmastique dont la valeur moyenne était de $44^{vol},76$ % avant toute expérience s'abaisse à $34^{vol},55$ % au début de la seconde épreuve, réalisant une alcalose gazeuse. Dans ces conditions, le temps

(1) L. Binet, M. V. Strumza et D. Voghel, *Anoxie et acapnie* (*J. Physiol. et Pathol. gén.*, 37, 1939, p. 507-523).

(2) L. Binet et M. V. Strumza, *Morphine et respiration* (*La Presse médicale*, 39, 1938, p. 769).

nécessaire pour entraîner l'apnée par respiration d'azote pur augmente, atteignant en moyenne 2 minutes 48 secondes (Tableau I).

Tableau I. — *Durée de résistance du Chien chloralosé respirant de l'azote pur, avant et après baisse du taux du CO_2 total plasmatique artériel.*

Poids en kg.	CO_2 total plasmatique en volume (%).	Durée de résistance en secondes.	CO_2 total plasmatique en volume (%).	Durée de résistance en secondes.
5,500	51,6	63	33,2	155
22,500	46,8	84	44,9	195
19,000	46,8	140	39,1	210
15,000	45,8	75	34,2	90
5,700	45,8	85	29,4	115
7,000	44,9	120	22,6	175
9,300	43,9	110	38,9	123
5,300	42,0	160	35,2	200
5,500	40,0	135	34,0	150
9,000	40,0	210	34,0	270

Chez un second groupe de 10 chiens, le CO_2 total plasmatique dont le taux moyen était de $43^{vol},71$ %, était élevé dans l'intervalle des deux épreuves d'anoxie à la valeur moyenne de $52^{vol},46$ %, par inhalation d'un mélange gazeux ayant la composition centésimale suivante : CO_2 20, oxygène 35 et azote 45.

L'arrêt respiratoire apparaissait lors de la première épreuve en 2 minutes 19 secondes en moyenne, tandis qu'après l'enrichissement de l'organisme en CO_2 l'apnée survient plus rapidement, en 1 minute 23 secondes. (Tableau II).

Tableau II. — *Durée de résistance du Chien chloralosé respirant de l'azote pur, avant et après élévation du taux du CO_2 total plasmatique artériel.*

15,900	47,7	100	52,0	82
19,000	46,8	140	51,0	90
15,000	45,8	125	51,6	57
7,000	44,9	120	55,5	80
22,500	44,9	195	58,4	60
9,200	43,9	110	57,4	100
5,300	42,0	160	49,7	120
23,700	42,0	200	51,6	90
5,500	40,0	135	51,6	63
5,700	39,1	110	45,8	85

Les résultats sont du même ordre avec des mélanges anoxémiants contenant 2,5 % d'oxygène : la durée de résistance est d'autant plus longue que le CO_2 total plasmatique artériel est plus bas. Pour 7 chiens, dont le CO_2

total plasmatique moyen est de $42^{vol},77$ %, le temps nécessaire pour entraîner l'apnée est de 4 minutes 45 secondes. Après élévation du CO_2 total plasmatique à 51^{vol} %, la durée de résistance est réduite à 3 minutes 40 secondes (Tableau III).

TABLEAU III. — *Durée de résistance du Chien chloralosé respirant un mélange gazeux contenant 2,5 % d'oxygène, avant et après élévation du taux du CO_2 total plasmatique artériel.*

26,000	51,4	180	57,4	120'
19,500	49,7	260	52,6	215
14,000	45,8	270	52,6	195
14,000	45,8	270	49,7	205
21,500	42,0	310	48,7	240
9,200	36,1	260	48,7	200
21,000	36,1	445	51,5	370

Enfin, les animaux dont le CO_2 total plasmatique a été abaissé par l'hyperventilation présentent une résistance accrue à la respiration d'une atmotsphère contenant 2,5 % d'oxygène. Un chien pesant $19^{kg},500$, dont la durée de résistance avec un taux de CO_2 total plasmatique de $54^{vol},5$ % était de 3 minutes 45 secondes, résiste 4 minutes 20 secondes lorsque son taux de CO_2 est abaissé à 49,7 %. Un chien de 21^{kg} augmente sa résistance qui passe de 5 minutes 30 secondes à 7 minutes 25 secondes lorsque le CO_2 total plasmatique est abaissé de 47,7 % à 36,1 %. Enfin, un troisième animal de 11^{kg} résiste 4 minutes 30 secondes au lieu de 4 minutes lorsque le CO_2 passe de 50,7 % à 32,3 %.

Ces déterminations, ainsi que d'autres effectuées avec des mélanges gazeux contenant 3 % d'O_2, permettent d'établir une corrélation entre le taux de CO_2 total plasmatique et la durée de résistance de l'activité respiratoire à l'anoxie. Entre les limites de CO_2 explorées, variant de $22^{vol},6$ % à 58,4 %, la résistance à l'anoxie est d'autant plus grande que le taux de CO_2 plasmatique est plus bas; elle double pour une baisse de la réserve alcaline de 20^{vol} %.

M. **Charles Maurain** fait hommage de deux fascicules extraits des *Annales de Géophysique* contenant des *Notes* consacrées à l'Œuvre de Alfred Lacroix et Marcel Brillouin.

M. **Georges Bouligand** fait hommage du tome Ier : *Leçons de géométrie vectorielle* de son Ouvrage : *Les Principes de l'Analyse géométrique*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Léon Pélissier** est élu Correspondant pour la Section de géographie et navigation en remplacement de M. *Pierre de Vanssay de Blavous*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paul Chambadal. *Thermodynamique de la turbine à gaz*. Préface de Casimir Monteil.

2° Union radio-scientifique internationale. *Recueil des travaux de l'Assemblée générale tenue à Stockholm du 12 au 23 juillet* 1948. Volume VII.

3° Institut national de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. *Travail et sécurité*. Première année. Nos 1 et 2.

4° Geophysical Society of Finland. *Geophysica*. I, 1935.

Il signale également 5 ouvrages polycopiés :

1° Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Rennes, par Marcel Sainclivier : *Contribution à l'Étude de quelques Aspergilles*. Tomes I et II.

2° Japan. Ministry of Education. Scientific Education Bureau. Scientific Data Section. *A short biography of Japanese scientists*, 1948. Volume V-2. *Metallurgy*.

3° Id. *The list of natural science research organization under the jurisdiction of the Ministry of Education* (As of July 1, 1948).

4° Id. *List of learned Societies in Japan* (*Cultural science*), 1949.

5° Id. *Handbook of the Japanese Societies of natural science and cultural science*, 1949. Volume I (*Pure science*).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une généralisation du théorème Tauberien de Wiener*. Note de MM. **Szolem Mandelbrojt** et **Shmuel Agmon**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Désignons par L la classe des fonctions f mesurables sur chaque intervalle borné et telles que $\int_{-\infty}^{\infty}|f(x)|\,dx<\infty$. On désignera par $\psi=S(f)$ la transformée de Fourier de f,

$$\psi(u)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}f(x)\,e^{-iux}\,dx.$$

On connaît le théorème suivant de Wiener (Tauberien général). Soit $K_1\in L$ et soit $g_1=S(K_1)$. Si $g_1(u)\neq 0$ sur $(-\infty,\infty)$ la relation

$$\lim_{y=\infty}\int_{-\infty}^{\infty}K_1(y-x)\,h(x)\,dx=A\int_{-\infty}^{\infty}K_1(x)\,dx \tag{1}$$

pour une fonction bornée $h(x)$ entraîne pour toute fonction K de L la relation

$$\lim_{y=\infty}\int_{-\infty}^{\infty} K(y-x)\,h(x)\,dx = A\int_{-\infty}^{\infty} K(x)\,dx. \qquad (2)$$

Par contre, si pour une valeur $u=\lambda$ on a $g(\lambda)=0$, il existe une fonction bornée h vérifiant (1) mais ne vérifiant pas (2).

Nous nous sommes posé le problème suivant : Une fonction K_1 appartenant à L étant donnée, définir, à partir de l'ensemble des valeurs λ telles que $g_1(\lambda)=0$, où $g_1 = S(K_1)$, la classe des fonctions K appartenant à L et telles que de (1), pour une fonction h bornée, résulte (2). Si $K \in L$ et si $g = S(K)$, désignons par $\Omega(K)$ l'ensemble des racines de $g(u)=0$. Si $K_1 \in L$ on désignera par $G(K_1)$ la classe de toutes les fonctions K de L pour lesquelles on a $\Omega(K_1) \subset \Omega(K)$. I étant un intervalle et E un ensemble, on désignera par E la trace de E sur $I(E_I = I \cap E)$. On désignera par $G_J(K_1)$ la classe de toutes les fonctions K de L telles qu'à tout intervalle I corresponde un ensemble E_I mesurable J (mesurable Jordan) avec $\Omega_I(K_1) \subset E_I \subset \Omega_I(K)$.

Il est clair que si pour chaque I, $\Omega_I(K_1)$ est mesurable J, les classes $G_J(K_1)$ et $G(K_1)$ sont identiques.

THÉORÈME I. — *Si* (1) *a lieu pour* K_1 *appartenant à* L *et pour une fonction* h *bornée*, (2) *a lieu pour tout* K *appartenant à la classe* $G_J(K_1)$.

THÉORÈME II. — *Soit* K_1 *une fonction appartenant à* L, *et soit* K *une fonction appartenant à* $G_J(K_1)$. *Quel que soit* $\varepsilon > 0$, *il existe un entier positif* n, n *nombres rationnels* $\xi_1, \ldots, \xi_n$, *et* n *nombres complexes* $a_1, \ldots a_n$ *tels que*

$$\int_{-\infty}^{\infty}\left| K(x) - \sum_{1}^{n} a_\nu K_1(\xi_\nu + x)\right| dx < \varepsilon.$$

THÉORÈME III. — K_1 *et* K *satisfaisant aux conditions du théorème* II, *toute solution bornée de l'équation*

$$\int_{-\infty}^{\infty} K_1(y-x)\,\varphi(x)\,dx = 0 \qquad (3)$$

est aussi une solution de l'équation

$$\int_{-\infty}^{\infty} K(y-x)\,\varphi(x)\,dx = 0. \qquad (4)$$

Le théorème I résulte du théorème II, lequel résulte du théorème III.

Voici les grandes lignes de la démonstration du théorème III. Si φ est une solution de (3) la fonction

$$\varphi_1(x) = \int_{-\infty}^{\infty} K(x-t)\,\varphi(t)\,dt$$

est une solution continue de cette même équation. En appliquant alors une

méthode de Carleman [1] on constate qu'en posant, pour $\mathcal{J}(z) > 0$ [2]

$$F(z) = \int_{-\infty}^{0} \varphi_1(t)\, e^{-itz}\, dt,$$

$F(z)$ est une fonction uniforme et n'admet pas d'autres singularités que celles d'affixe appartenant à $\Omega(K_1)$. En posant

$$F_\gamma(z) = \int_{-\infty}^{0} \varphi_1(\gamma + t)\, e^{-itz}\, dt = \int_{-\infty}^{\gamma} \varphi_1(t)\, e^{-i(t-\gamma)z}\, dt \qquad (\mathcal{J}(z) > 0),$$

on voit aussi que $F_\gamma(z)$ admet les mêmes singularités que $F(z)$.

Or, d'une part, $F(z)$ n'admet pas de singularités isolées. Car si par exemple $z = 0$ était une telle singularité, ce point serait un pôle simple, et l'on trouverait pour $N > 0$ assez petit et γ réel quelconque

$$\lim_{\alpha = 0} \int_{-N}^{N} \delta\left(\frac{x}{N}\right)\big(F(x + i\alpha) - F(x - i\alpha)\big)\, dx$$
$$= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_1(t)\, \Delta_N(t)\, dt = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_1(\gamma - t)\, \Delta_N(t)\, dt = -2\pi i a,$$

où $\delta(x) = 1 - |x|$ pour $|x| \leqq 1$, $\delta(x) = 0$ pour $|x| > 1$;

$$\Delta_N(t) = 4N^{-1}\sin^2\left(\frac{Nt}{2}\right) t^{-2},$$

et où a est le résidu du pôle. Il résulte du lemme suivant que $a = 0$

Lemme. — *Si* $K^* \in L$ *avec* $\int_{-\infty}^{\infty} K^*(x)\, dx = 0$, *et si* $\varphi(t)$ *est une fonction bornée, en posant*

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^{\infty} K^*(x - t)\, \varphi(t)\, dt$$

on peut affirmer que

$$\lim_{R = \infty} \frac{1}{R} \int_{0}^{R} \Phi(x)\, dx = 0.$$

On démontre, d'autre part, que si $g_1(u) = 0$ sur un intervalle I, la fonction $F(z)$ est régulière en tout point intérieur de I. Autrement dit, dans les conditions du théorème, $F(z)$ est une fonction entière. Comme cette fonction est nulle à l'infini, on a $F(z) \equiv 0$. Comme $F(z)$ peut être donnée pour $\mathcal{J}(z) < 0$ par $-\int_{0}^{\infty} \varphi_1(t) e^{-itz}\, dt$, la conclusion du théorème en résulte.

---

(1) *L'intégrale de Fourier et questions qui s'y rattachent*, Uppsala 1944 (*Almquist Wiksells Boktryckeri*), p. 75 et suivantes.

(2) $\mathcal{J}(z)$ est le coefficient de la partie imaginaire de z.

TOPOLOGIE. — *Sur les applications d'un polyèdre dans un espace projectif complexe.* Note (*) de M. **Beno Eckmann**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soient P un polyèdre en subdivision simpliciale, P_r le polyèdre constitué par tous les simplexes σ_n de P à $n \leqq r$ dimensions, et Y un polyèdre simple au sens d'Eilenberg ([1]). Soit f une application continue de P_r dans Y; on lui associe une cochaîne à $r+1$ dimensions ([2]) c_f de P [coef. $\pi_r(Y)$] appelée l'obstacle ([3]) de f : pour tout simplexe σ_{r+1} de P, la valeur $c_f(\sigma_{r+1})$ est l'élément de $\pi_r(Y)$ défini par f sur la frontière $\partial\sigma_{r+1}$ de σ_{r+1}. c_f est un cocycle; pour que f puisse être étendue à P_{r+1}, il faut et il suffit qu'il soit $=0$, et pour que ([4]) f/P_{r-1} puisse être étendue à P_{r+1}, qu'il soit ~ 0. Si $\pi_n(Y)=0$ pour tous les $n<r$, c_f est toujours ~ 0; il n'en est pas ainsi si, pour une des valeurs $n<r$, $\pi_n(Y)\neq 0$, et nous allons examiner dans ce cas la classe de cohomologie C_f de c_f.

2. Supposons donc que, pour un certain nombre $q<r$, on ait $\pi_n(Y)=0$, $n<r$, $n\neq q$, et $\pi_q(Y)\neq 0$ [d'ailleurs isomorphe à $H_q(Y)$]. Il existe dans Y un cocycle ζ à q dimensions [coef. $H_q(Y)$] tel que, pour tout cycle y_q de Y, $\zeta(y_q)$ soit la classe d'homologie de y_q; la classe de cohomologie Z de ζ est bien déterminée par cette condition. Soit f^* l'homomorphisme dual des groupes de cohomologie de Y dans ceux de P induit par f, et posons

$$D_f = f^*Z \in H^q(P, H_q(Y));$$

pour tout cycle z_q de P, $D_f(z_q)$ est la classe d'homologie de l'image de z_q par f. On déduit de la théorie générale des extensions des applications ([3]) le théorème : *Si* $D_f = D_g$ *pour deux applications* f *et* g *de* P_r *dans* Y, *alors* $C_f = C_g$. De plus, tout élément de $H^q(P, H_q(Y))$ est un D_f pour une application f convenable. On a ainsi dans P une fonction Φ définie dans $H^q(P, H_q(Y))$ et prenant ses valeurs dans $H^{r+1}(P, \pi_r(Y))$, telle que $C_f = \Phi(D_f)$ pour toute application f de P_r dans Y.

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Fund. Math.*, 32, 1939, p. 167-175. Si Y est simple, toute application d'une sphère S_n à n dimensions (n quelconque) dans Y définit un élément bien déterminé du $n^{\text{ième}}$ groupe d'homotopie $\pi_n(Y)$.

([2]) Les *chaînes* (et les groupes d'homologie) qui interviennent dans cette Note seront toujours à coefficients entiers; les *cochaînes* seront considérées comme fonctions linéaires des chaînes, prenant leurs valeurs dans un groupe de coefficients Γ, indiqué par le symbole (coef. Γ). Notations : $H_n(X) = n^{\text{ième}}$ groupe d'homologie du polyèdre X; $H^n(X, \Gamma) = n^{\text{ième}}$ groupe de cohomologie (coef. Γ); $\sim$ signifie homologue ou cohomologue.

([3]) Les propriétés et la théorie générale sont exposées dans deux mémoires de S. Eilenberg, *Ann. of Math.*, 41, 1940, p. 231-251 et *Lectures in Topology* (*Univ. of Michigan*, 1941, p. 57-99).

([4]) Si L est un sous-ensemble de P, f une application de P, f/L désigne l'application f restreinte à L.

Remarque. — D'après la théorie des extensions ([3]), toute application h de P_{q+1} dans Y peut être étendue à P_r; *pour que h puisse être étendue* à P_{r+1}, *il faut et il suffit donc que* $\Phi(D_h) = 0$.

3. Nous allons montrer que, lorsque l'on prend pour Y *l'espace projectif complexe* $E_{(m)}$ à m dimensions complexes ($2m$ réelles), les hypothèses sont satisfaites pour $q = 2$ et $r = 2m+1$, et la fonction Φ s'exprime d'une façon très simple par les opérations connues de l'anneau de cohomologie de P. Notre méthode est inspirée par celle de Steenrod ([5]), qui a donné, dans le cas où Y est une sphère S_q et pour $r = q+1$, une description de Φ à l'aide d'une nouvelle opération combinatoire.

On sait ([6]) que $\pi_n(E_{(m)}) = 0$ pour $n < 2m+1$, $n \neq 2$, et que $\pi_2(E_{(m)}) \cong H_2(E_{(m)})$ et $\pi_{2m+1}(E_{(m)})$ sont infinis cycliques. H_2 est engendré par la classe d'homologie qui contient la droite projective complexe $E_{(1)} \subset E_{(m)}$ (considérée comme cycle), et $\pi_{2m+1} E_{(m)}$ par la classe d'homotopie γ qui contient l'application canonique G de S_{2m+1} sur $E_{(m)}$ [dans la fibration usuelle ([6]) de S_{2m+1} en cercles qui admet $E_{(m)}$ comme espace de base]. Pour simplifier, nous remplacerons $H_2(E_{(m)})$ et $\pi_{2m+1}(E_{(m)})$ par le groupe des entiers, en identifiant les générateurs mentionnés avec le nombre 1. Considérons une application f de P_{2m+1} dans $E_{(m)}$; D_f est une classe de cohomologie à 2, C_f à $2m+2$ dimensions, les deux à coefficients entiers.

Théorème. — C_f *est la puissance* $(m+1)^{\text{ième}}$ *de* D_f *dans l'anneau de cohomologie de* P (*coef. entiers*).

Démonstration. — Considérons $E_{(m)}$ comme hyperplan de $E_{(m+1)}$ et prenons le modèle de $E_{(m)}$ formé par une boule à $2m+2$ dimensions dont la frontière S_{2m+1} est remplacée par $E_{(m)}$ en vertu de l'application canonique G. En tant qu'application de P_{2m+1} dans $E_{(m+1)}$, f peut être étendue à P_{2m+2}; soit F cette extension. Soit Θ la classe de cohomologie fondamentale de $E_{(m+1)}$ (coef. entiers) dont la valeur sur le cycle $E_{(m+1)}$ est $\doteq 1$, et soit Z la classe de $E_{(m+1)}$ (ou de $E_{(m)}$) introduite au paragraphe 2; on sait que Θ est la puissance $(m+1)^{\text{ième}}$ de Z. L'homomorphisme dual F^* induit par F conserve les produits, et $F/P_{2m+1} = f$; on a donc

$$(1) \qquad F^*\Theta = (F^*Z)^{m+1} = (f^*Z)^{m+1} = D_f^{m+1}.$$

D'autre part, considérons pour un simplexe σ_{2m+2} de P l'application F/σ_{2m+2}, avec $F(\partial\sigma_{2m+2}) \subset E_{(m)}$; elle a un certain degré c, et l'on voit facilement que $F/\partial\sigma_{2m+2} = f/\partial\sigma_{2m+2}$ définit l'élément $c\gamma$ de $\pi_{2m+1}(E_{(m)})$, élément que nous avons identifié avec l'entier c, donc que $c_\rho(\sigma_{2m+2}) = c$. On en déduit que $C_f = F^*\Theta$, et d'après (1) que $C_f = D_f^{m+1}$.

([5]) *Ann. of Math.*, 48, 1947, p. 290-320.

([6]) *Voir* par exemple B. Eckmann, *Comm. math. helv.*, 14, 1941, p. 141-192, en particulier p. 151 et 166.

4. Des exemples intéressants s'obtiennent en prenant pour P des variétés à $2m+2$ dimensions, en particulier des variétés analytiques complexes ou même algébriques.

ASTRONOMIE DYNAMIQUE. — *Systèmes dissipatifs quasi permanents dans l'univers céleste.* Note de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

Nous résumons ci-après une étude accompagnée de considérations nouvelles sur certains types de systèmes dynamiques quasi permanents, d'après des exemples fournis par l'astronomie :

1° Toute *galaxie* ayant acquis un aplatissement suffisamment grand (de l'ordre de 0,6, par exemple, pour un observateur extérieur très éloigné dans le plan équatorial), est assimilable, en première approximation, à un système tournant dont la vitesse de rotation est fonction seulement de la distance à l'axe (rotations barotropes). Une telle loi de rotations s'applique aux groupements statistiques d'étoiles aussi bien qu'au nuage cosmique qui leur est associé. S'il se produit un accroissement séculaire de la rotation différentielle sous l'influence de la condensation vers le centre, la viscosité au sein du nuage cosmique tendra à diviser celui-ci en anneaux concentriques [structure de Randers (¹)], et les étoiles les plus tardivement formées, c'est-à-dire les étoiles ayant atteint, le plus tard, leur maximum de masse, manifesteront, par leurs positions, la tendance à cette même figure, puisqu'elles sont nées et ont été alimentées aux dépens du nuage cosmique. Le système quasi permanent des étoiles des divers âges (l'âge étant compté depuis l'époque du maximum de masse) est donc tel que l'effet dissipatif, peu reconnaissable quand on considère les étoiles anciennes à trajectoires fortement inclinées, arrive à se traduire d'une façon assez sensible sur l'ensemble des étoiles anciennes ou récentes qui décrivent leurs trajectoires au voisinage du plan équatorial et notamment dans les domaines des anneaux. Une loi de dispersion progressive des vitesses, en descendant la série des types stellaires, peut être obtenue par des considérations théoriques, et cette loi reproduit, à peu de chose près, la loi parabolique (expérimentale) du courant asymétrique de Strömberg.

2° Un astre tournant, comme le *Soleil, Jupiter* ou *Saturne,* qui présentent le phénomène dit *accélération équatoriale,* doit être traité comme un corps fluide barocline, où la vitesse de rotation dépend à la fois de la distance à l'équateur et de la distance à l'axe. En conformité avec les équations hydrodynamiques, les rotations seront quasi permanentes si les vitesses sont distribuées de manière à annuler, en chaque point, la force de frottement de volume, comme l'ont montré Dedebant, Schereschewsky et Wehrlé pour le Soleil supposé

(¹) *Astrophysical Journal,* 92, 1940, p. 235-246.

visqueux ([2]). La loi de vitesse angulaire obtenue par ces auteurs est acceptable à la surface et immédiatement au-dessous dans une mince couche; elle ne saurait toutefois s'étendre en profondeur, étant incompatible avec les forces de gravitation d'un astre stratifié en couches presque sphériques ou presque ellipsoïdales. Une adaptation de cette loi des rotations quasi permanentes dissipatives n'est possible que si la majeure partie de l'astre tourne en bloc, la couche externe ayant seule une rotation différenciée exprimable sur la surface libre par la formule de Dedebant, Schereschewsky et Wehrlé. Mais il semble que la couche externe doive subir, au surplus, des déformations périodiques qui font penser au cycle des taches solaires.

3° Le système des *petites planètes* et de Jupiter, rapporté au Soleil et envisagé à une époque reculée, était vraisemblablement dissipatif et évoluait probablement dans un milieu gazeux qui devait se trouver au repos à ces distances-là du Soleil. Une conséquence de cette manière de voir est la suivante : les phénomènes lacunaires prévus par la mécanique céleste ([3]) pour la répartition des moyens mouvements des petites planètes (phénomènes dus aux commensurabilités approchées simples avec le moyen mouvement de Jupiter) se trouvent renforcés par le rejet définitif des petites planètes critiques d'un côté ou de l'autre de chaque intervalle de commensurabilité efficace, dans lequel se produirait une lente oscillation du moyen mouvement s'il n'y avait pas ou s'il n'y avait jamais eu de résistance du milieu. Il en résulte, en outre, sous les mêmes hypothèses, un élargissement des intervalles en question, et cela pourrait permettre de les identifier aux lacunes actuellement observées, tout au moins à celles qui sont le plus nettement tranchées.

Les trois exemples que nous venons de citer se rattachent aux lois générales de la dissipation de l'énergie mécanique, qui ne sont pas encore bien connues. Le principe de la moindre puissance dissipée ne permet pas de résoudre tous les cas de ce genre; il est en défaut dans certains systèmes singuliers, comme le troisième.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la détermination d'une limite supérieure de la partie réelle des racines de l'équation aux fréquences propres d'un réseau électrique.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons un réseau électrique passif à n mailles indépendantes et représentons par l_{ij}, r_{ij}, s_{ij} $(i, j = 1, 2, \ldots, n)$ les paramètres totaux $(i = j)$, tous positifs, et de couplage $(i \neq j)$ de ce dernier.

([2]) *La Météorologie*, 85-86, 1932, p. 117-121; *idem.*, 124, 1935, p. 336-341.

([3]) *Cf.* H. Fabre, *Bulletin Astronomique*, 11, 1938, p. 134-135; *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 730-732.

L'équation aux fréquences propres s'écrit

$$(1) \qquad \| l_{ij} z^2 + r_{ij} z + s_{ij} \| = 0,$$

le déterminant qui figure au premier membre étant symétrique et d'ordre n.

On sait que les formes quadratiques associées aux matrices (l_{ij}), (r_{ij}) et (s_{ij}) sont définies positives; par suite les racines de l'équation (1) sont à partie réelle négative. Nous nous proposons de déterminer une limite supérieure des parties réelles de ces racines. Faisons le changement de variable $z = u - a$, a étant une indéterminée *réelle positive*; l'équation (1) devient

$$(2) \qquad \| l_{ij} u^2 + (r_{ij} - 2 l_{ij} a) u + l_{ij} a^2 - r_{ij} a + s_{ij} \| = 0.$$

S'il est possible de définir un intervalle $(0, a_m)$ de variation de a tel que pour tout a de ce dernier les formes quadratiques associées aux matrices $(r_{ij} - 2 l_{ij} a)$ et $(a^2 - r_{ij} a + s_{ij})$ soient définies positives, l'équation (2) aura toutes ses racines à partie réelle négative et, puisque $z = u - a$ $(a > 0)$, les parties réelles des racines de l'équation (1) admettront $-a_m$ comme borne supérieure. Tout revient à déterminer a_m. Considérons la matrice $(r_{ij} - 2 l_{ij} a)$; en posant $-2 l_{ij} a = u_{ij}$, elle s'écrit $(r_{ij} + u_{ij})$ et pour que la forme quadratique associée soit définie positive, il faut que la chaîne des mineurs principaux du déterminant $\| r_{ij} + u_{ij} \|$ soit à termes positifs. Pour chaque mineur de cette chaîne, en supposant les u_{ij} petits, on saura, en utilisant un théorème de M. Ostrowski (¹), déterminer une limite supérieure α des modules des u_{ij} telle que pour $|u_{ij}| < \alpha$ il ne puisse s'annuler et demeure par suite positif comme le mineur correspondant de $\| r_{ij} \|$ auquel il se réduit quand on égale à zéro tous les u_{ij}. Soit d_r la plus petite des limites α; à la matrice $(r_{ij} + u_{ij})$ correspondra une forme définie positive si

$$|u_{ij}| < d_r$$

et l'on en déduira une limite supérieure de a

$$a_r = \frac{d_r}{2 |l_{ij}^m|},$$

$|l_{ij}^m|$ étant le plus grand des modules des l_{ij}.

Considérons maintenant la matrice $(l_{ij} a^2 - r_{ij} a + s_{ij})$ qui, en posant $v_{ij} = l_{ij} a^2 - r_{ij} a$, s'écrit $(v_{ij} + s_{ij})$; il faut que la forme associée soit définie positive, donc que la chaîne des mineurs principaux de $\| v_{ij} + s_{ij} \|$ ne comporte que des termes positifs. En supposant les v_{ij} petits et en opérant comme précédemment, on saura pour chaque mineur de la chaîne déterminer une limite supérieure β des $|v_{ij}|$ telle que pour $|v_{ij}| < \beta$, il ne puisse s'annuler et demeure positif comme le mineur correspondant de $\| s_{ij} \|$ auquel il se réduit pour

(¹) *Bull. Sc. math.*, 61, 1937, p. 19.

$u_{ij} = 0$. Soit d_s la plus petite des limites β, en résolvant les $n(n+1)/2$ inégalités

$$|l_{ij}a^2 - r_{ij}a| < d_s; \tag{3}$$

on pourra trouver un intervalle de variation de a, (O, a_s), tel que pour tout a y appartenant, les inégalités (3) soient simultanément satisfaites et que, par suite, la forme quadratique associée à la matrice $(l_{ij}a^2 - r_{ij}a + s_{ij})$ soit définie positive.

La limite supérieure cherchée $-a_m$ *des parties réelles des racines de* (1) *sera égale au plus petit des nombres* a_r *ou* a_s *changé de signe.*

Dans certaines circonstances que nous allons préciser, il existe une méthode plus simple pour déterminer a_m. On sait qu'il existe des réseaux qui, par un choix approprié des mailles indépendantes, sont tels que les éléments des matrices (l_{ij}), (r_{ij}), (s_{ij}) satisfont non seulement aux relations

$$l_{ii} > 0, \qquad r_{ii} > 0, \qquad s_{ii} > 0 \tag{4}$$

mais encore aux inégalités

$$l_{ii} > \sum_{j \neq i} |l_{ij}|, \qquad r_{ii} > \sum_{j \neq i} |r_{ij}|, \qquad s_{ii} > \sum_{j \neq i} |s_{ij}|, \tag{5}$$

les conditions (4) et (5) étant d'ailleurs des conditions suffisantes pour que les formes quadratiques associées respectivement aux matrices (l_{ij}), (r_{ij}), (s_{ij}) soient définies positives ([2]). Pour définir l'intervalle (O, a_m) de variation de a $(a > 0)$ tel que pour tout a de ce dernier les formes associées aux matrices précédemment envisagées $(r_{ij} - 2l_{ij}a)$ et $(l_{ij}a^2 - r_{ij}a + s_{ij})$ soient définies positives, il suffira donc de résoudre les inégalités

$$r_{ii} - 2l_{ii}a > \sum_{j \neq i} |r_{ij} - 2l_{ij}a|, \qquad l_{ii}a^2 - r_{ii}a + s_{ii} > \sum_{j \neq i} |l_{ij}a^2 - r_{ij}a + s_{ij}|. \tag{6}$$

En remarquant que

$$|r_{ij} - 2l_{ij}a| < |r_{ij}| + 2a|l_{ij}|$$
$$|l_{ij}a^2 - r_{ij}a + s_{ij}| < a^2|l_{ij}| + a|r_{ij}| + |s_{ij}|,$$

il suffira de résoudre

$$\left\{\begin{array}{l} r_{ii} - 2l_{ii}a > \sum_{j \neq i} |r_{ij}| + 2a\sum_{j \neq i} |l_{ij}|, \\ l_{ii}a^2 - r_{ii}a + s_{ii} > a^2\sum_{j \neq i} |l_{ij}| + a\sum_{j \neq i} |r_{ij}| + \sum_{j \neq i} |s_{ij}|, \end{array}\right. \tag{7}$$

qui impliquent (6).

Le plus petit intervalle $(0, a_m)$ de variation de a qui permet de satisfaire à la fois aux inégalités (7) est l'intervalle cherché.

([2]) M. Parodi, *Introduction à l'étude des réseaux électriques*, Sedès, Paris, 1948, Chap. I.

MAGNÉTISME. — *Aimantation initiale d'un monocristal du composé défini* Mn_2Sb *suivant les axes de facile et difficile aimantation.* Note (*) de MM. **Charles Guillaud, Roger Bertrand** et **Roger Vautier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans une Note précédente nous avons donné les résultats d'une étude faite sur un monocristal de cobalt (1). Nous avons étendu ces recherches au monocristal du composé Mn_2Sb.

Ce composé cristallise dans le système quadratique. Nous avons montré (2) que l'axe quaternaire à la température ordinaire est l'axe de facile aimantation. Mais Mn_2Sb présente la propriété importante, pour cette étude, de permuter ses axes de facile et difficile aimantation à environ — 33°C.

Si l'on effectue des mesures d'aimantation initiale, le champ extérieur étant parallèle à l'axe quaternaire, le processus des déplacements de parois à 180° devrait seul se manifester et au-dessous de cette température c'est celui des rotations qui devrait jouer. Si, au contraire, le champ extérieur est perpendiculaire à l'axe quaternaire, de la température ordinaire à — 33°C le mécanisme sera celui des rotations et au-dessous de — 33°C celui des déplacements de parois.

Nous avons ainsi la possibilité de séparer le mécanisme de déplacement de parois de celui des rotations et de comparer les résultats expérimentaux avec ceux déduits de la théorie.

Il suffit pour cela de déterminer $\mathcal{J}_s$ et K_1 car le processus d'aimantation par rotation des porteurs conduit à la loi très simple $a = \mathcal{J}_s^2/2K_1$ en supposant nulles les tensions internes, $\mathcal{J}_s$ étant l'aimantation spontanée et K_1 le facteur du premier terme angulaire dans l'expression de l'énergie magnétocristalline.

Résultats des mesures. — C'est la loi de Rayleigh $\mathcal{J} = aH + bH^2$ qui traduit le mieux nos expériences. Nous avons déterminé les courbes d'aimantation par une méthode magnétométrique et déduit a et b de ces courbes expérimentales.

Le Tableau I reproduit les résultats : la partie gauche du tableau a trait à un champ perpendiculaire à l'axe quaternaire et la partie droite à un champ parallèle à cet axe. Il ne s'agit donc là que du processus de rotation.

Le mécanisme des rotations donne bien l'allure générale du phénomène et tout particulièrement pour les fortes énergies magnétocristallines. Pour les faibles valeurs de K on ne peut négliger l'énergie magnétoélastique, qu'il n'est

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) Ch. Guillaud et R. Bertrand, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 47.

(2) Ch. Guillaud, *Thèse*, Strasbourg.

pas possible d'éliminer et qui conduit pour K = o, à la relation

(1) $$a = \frac{2}{9} \cdot \frac{\mathcal{J}_s^2}{\lambda\sigma},$$

la relation

$$a = \frac{\mathcal{J}_s^2}{2K_1}\left(1 - \frac{\lambda\sigma}{4K_1}\right)$$

étant valable pour les valeurs de σ petites devant K.

Tableau I.

t°C.	a expérimental.	$a = \frac{\mathcal{J}_s^2}{2K_1}$.	b.
+16	0,08	0,09	0,002
+10	0,08	0,09	0,002
+ 6	0,08	0,10	0,002
+ 2	0,09	0,10	0,004
0	0,10	0,12	0,004
− 2	0,10	0,12	0,004
− 6	0,11	0,13	0,004
−10	0,12	0,14	0,004
−14	0,15	0,17	0,005
−18	0,18	0,21	0,010
−20	0,21	0,36	0,012
−24	0,30	0,40	0,025
−26	0,46	0,60	0,040
−28	0,57	0,80	0,075
−30	0,70	0,90	0,110
−32	0,75	1,20	0,137
−34	0,87	1,10	0,675
−36	0,55	0,80	0,350
−38	0,48	0,70	0,250
−40	0,45	0,63	0,115
−42	0,33	0,58	0,075
−44	0,30	0,50	0,050
−46	0,25	0,35	0,040
−50	0,23	0,30	0,030
−54	0,21	0,26	0,025
−58	0,20	0,25	0,025
−62	0,19	0,24	0,025
−66	0,18	0,23	0,020
−70	0,17	0,20	0,020
−76	0,14	0,18	0,020
−78	0,13	0,17	0,020

Dans le cas où le champ est parallèle à l'axe de facile aimantation, les valeurs de a et b sont données dans le Tableau II.

Tableau II.

t°C.	a.	b.
+16	0,26	0,123
+ 8	0,27	0,132
0	0,29	0,150
−12	0,31	0,330
−20	0,40	0,540
−28	0,57	1,010
−30	0,67	1,360
−32	0,81	1,815
−34	0,80	0,130
−36	0,55	0,112
−44	0,30	0,085
−54	0,21	0,075
−74	0,16	0,072

Comme pour le monocristal de cobalt, nous ne pouvons tirer des conclusions sûres en ce qui concerne les déplacements de parois. Un processus de rotation dû à l'énergie magnétoélastique pourrait être envisagé; ce processus est confirmé à −33°C, à la température du changement d'axes où K = o; il a été mis en

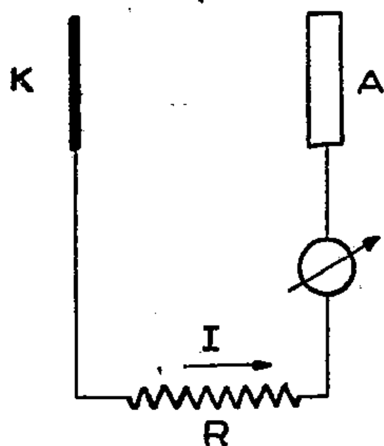
évidence par la mesure expérimentale de l'énergie $\lambda\sigma$ qui entre dans la relation (1).

A ces résultats nous ajouterons les valeurs du champ coercitif à $t = 20°C$.

Axe de facile aimantation............. Hc = 13 Oe
Axe de difficile aimantation........... Hc = 54 Oe

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'application du principe de Carnot aux phénomènes thermioniques.* Note (*) de M. **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

I. Considérons une cathode chaude K, émettant des électrons dans le vide vers une anode A. K et A sont reliés extérieurement par une résistance R et un galvanomètre G. On sait que, bien qu'il n'y ait pas de source de tension extérieure, un courant I va prendre naissance dans le circuit, du fait que les électrons quittent la cathode avec une vitesse non nulle. L'énergie RI^2t qui apparaît dans la résistance est évidemment empruntée à l'énergie employée au



chauffage de la cathode. Nous sommes donc en présence d'un système transformant la chaleur en énergie électrique (ou mécanique, si l'on remplace R par un moteur). Le principe de Carnot doit donc s'y appliquer, c'est-à-dire qu'il doit exister dans le système une source froide.

II. Nous avons vérifié expérimentalement que cette source froide est l'anode. En effet, si l'on chauffe cette dernière, on constate une diminution progressive du courant I qui s'annule lorsque la température de l'anode est égale à celle de la cathode et qui s'inverse lorsque l'anode devient plus chaude que la cathode. Cette expérience exige des précautions spéciales pour l'élimination des forces électromotrices d'origine thermoélectrique qui pourraient prendre naissance par suite de la différence de nature des conducteurs utilisés et de la non-homogénéité de la température sur la totalité du circuit.

III. Appelons φ_K et φ_A les potentiels d'extraction de la cathode et de l'anode; A_K et A_A les constantes de l'équation de Dushman-Richardson pour la cathode et l'anode; T_K et T_A, les températures; V_c la différence de potentiel de contact

(*) Séance du 11 avril 1949.

entre les deux électrodes; q la charge de l'électron et k la constante de Boltzmann. Nous supposerons l'expérience menée à température assez basse pour que les phénomènes de charge d'espace ne puissent intervenir. Cherchons la relation qui doit exister entre les différents paramètres pour que le courant s'annule lorsque $T_A = T_K$.

Supposons d'abord $T_A \neq T_K$ et $\varphi_k < \varphi_A$.

Considérons le courant émis de la cathode vers l'anode. Du fait, d'une part du sens de la différence de potentiel de contact, et d'autre part du sens de circulation du courant dans la résistance R, l'anode est négative par rapport à la cathode. Le courant émis par la cathode vers l'anode obéit donc à l'équation de Boltzmann :

$$I_K = I_{SK}\, e^{\frac{-(RI+V_c)}{kT_K}},$$

avec

$$I_{SK} = A_K T_K^2 e^{\frac{-\varphi_K q}{kT}} \qquad \text{(équation de Dushman Richardson)}$$

I est le courant résultant, somme algébrique des courants issus respectivement de la cathode et de l'anode.

On a donc :

$$I_K = A_K T_K^2 e^{\frac{-(RI+V_c+\varphi_K)q}{kT_K}}.$$

Considérons maintenant le courant émis de l'anode vers la cathode. Ce courant n'est pas émis dans un champ retardateur, mais accélérateur. Sa valeur est donc celle du courant de saturation de l'anode.

$$I_A = A_A T_A^2 e^{-\frac{\varphi_A q}{kT_A}}.$$

Lorsque $T_A = T_K = T$, le courant total I étant nul, on doit avoir $I_A = I_K$, c'est-à-dire

$$A_A T^2 e^{-\frac{\varphi_A q}{kT}} = A_K T^2 e^{-\frac{(V_c+\varphi_K)q}{kT}}.$$

D'où l'on tire

$$V_c = \varphi_A - \varphi_K + \frac{kT}{q} \operatorname{Log} \frac{A_K}{A_A}.$$

Ce qui signifie que la différence de potentiel de contact entre la cathode et l'anode supposées être à la même température n'est pas simplement égale à la différence des potentiels d'extraction de ces deux électrodes, comme on l'admet le plus souvent, mais qu'il intervient un terme correctif dépendant des constantes A de la cathode et de l'anode.

Notons que Richardson [1] a déjà établi cette formule par un raisonnement différent du nôtre. Dans une Note ultérieure, nous donnerons les résultats d'expériences destinées à la vérification de cette équation.

---

(1) *Emission of Electricity from hot bodies*, 1921.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur le calcul dans un objectif à immersion à symétrie axiale du potentiel le long de l'axe et de ses dérivées.* Note (*) de M. **Maurice Duchesne**, présentée par M. André Danjon.

Le système focalisateur d'un télescope électronique électrostatique est constitué par un objectif à immersion, c'est-à-dire par une lentille électronique dans laquelle la cathode joue le rôle de première électrode. L'objectif à immersion constitué par une cathode plane et par deux diaphragmes de diamètres identiques et portés à des potentiels différents est l'un des plus simples ; ses propriétés focalisantes (position du plan image, grandissement linéaire et aberrations du troisième ordre) dépendent de plusieurs paramètres et leur calcul nécessite la connaissance de la fonction potentiel $\varphi(z)$ le long de l'axe ainsi que celle de ses dérivées première et seconde $\varphi'_z(z)$ et $\varphi''_z(z)$. Le potentiel, le long de l'axe, peut être obtenu rapidement et avec précision à l'aide de la cuve électrolytique ; si la cuve utilisée est une cuve à fond incliné, les dérivées $\varphi'_z(z)$ et $\varphi'_z(z)$ doivent être calculées par dérivation graphique de $\varphi(z)$: il est évident qu'elles ne seront connues, surtout la dérivée seconde, qu'avec une précision médiocre. Je me propose de montrer que, dans le cas particulier choisi, la fonction potentiel le long de l'axe, ainsi que ses dérivées peuvent être calculées avec une très bonne précision.

Si l'on néglige la charge d'espace, ce qui est légitime étant donnés les faibles courants qui circulent dans un télescope électronique, le potentiel V en un point d'abscisse z et distant de r de l'axe de symétrie satisfait à l'équation de Laplace $\Delta V = 0$. Cette équation peut être intégrée en considérant le potentiel comme une combinaison linéaire de fonctions dans lesquelles les variables ont été séparées [1] [2], et l'on a d'une manière générale :

$$V(r, z) = \int \Big[(A_k \sin . kz + B_k \cos . kz) \big(C_k J_0(ikr) + D_k N_0(ikr) \big) \Big] dk,$$

l'intégration étant effectuée pour toutes les valeurs, réelles et imaginaires, du paramètre k ; A_k, B_k, C_k et D_k sont des coefficients dont la valeur dépend des conditions aux limites, J_0 est la fonction de Bessel d'ordre o et N_0 la fonction de Neumann d'ordre o.

En choisissant le potentiel de la cathode comme origine des potentiels et en prenant le centre de cette dernière comme origine des abscisses, l'expression de V, pour l'objectif à immersion que j'ai considéré, peut être simplifiée et

(*) Séance du 25 avril 1949.

(1) S. Bertram, *Proc. Inst. Radio Engrs*, 28, 1940, p. 418-420.

(2) S. Bertram, *J. Applied Phys.*, 13, 1942, p. 496-502.

s'écrit

$$V(r, z) = \int_0^\infty A_k \sin kz . J_0(ikr)\, dk,$$

l'intégration étant effectuée uniquement pour les valeurs réelles de k, puisque le potentiel doit rester fini pour les très grandes valeurs du paramètre. Le coefficient A_k peut être calculé si le potentiel V est connu le long d'une droite $r = R$. Pour effectuer ce calcul j'ai pris comme unité de longueur le rayon des diaphragmes et j'ai supposé que le potentiel le long de la droite $r = R = 1$ variait linéairement entre les électrodes. On trouve alors comme distribution du potentiel sur l'axe l'expression

$$\varphi(z) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \left[\left(\frac{V_1}{a} - \frac{V_2 - V_1}{b}\right)\frac{\sin ak}{k^2} + \frac{V_2 - V_1}{b}\,\frac{\sin(a+b)k}{k^2}\right]\frac{\sin kz}{J_0(ik)}\, dk,$$

a est la distance cathode-premier diaphragme, b l'écartement des diaphragmes, V_1 le potentiel du premier diaphragme et V_2 celui du second.

Application. — J'ai appliqué cette méthode à un cas particulier pour lequel $a = 10$, $b = 2$, $V_1 = 5$ V et $V_2 = 15$ V.

Avec ces valeurs des paramètres, le potentiel sur l'axe s'écrit

$$\varphi(z) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{-4,5 \sin 10k + 5 \sin 12k}{k^2 J_0(ik)} \sin kz\, dk = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty f(k) \sin kz\, dk.$$

Pour résoudre cette intégrale, j'ai d'abord calculé la fonction $f(k)$, dont la valeur est indépendante de l'abscisse z. C'est une fonction périodique dont l'amplitude est très rapidement décroissante et sa valeur est pratiquement négligeable pour $k > \pi$. Pour calculer le potentiel $\varphi(z)$ en un point de l'axe $z = z_a$, j'ai tracé à grande échelle la courbe $g(k) = f(k).\sin kz_a$ et j'ai déterminé sa surface S à l'aide d'un planimètre. Le potentiel $\varphi(z_a)$ est égal à $(2/\pi)$ S.

Pour éprouver la méthode, j'ai comparé les valeurs ainsi calculées du potentiel le long de l'axe, pour 7 valeurs différentes de z, avec celles obtenues expérimentalement à l'aide d'une cuve électrolytique. Les résultats obtenus montrent que les valeurs calculées sont en parfaite concordance, aux erreurs d'expérience près, avec les valeurs expérimentales. Pour obtenir $\varphi'_z(z)$ et $\varphi''_z(z)$ il suffit de dériver sous le signe somme l'expression donnant $\varphi(z)$. On a successivement

$$\varphi'_z(z) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty f(k)\frac{\cos kz}{k}\, dk, \qquad \varphi''_z(z) = -\frac{2}{\pi}\int_0^\infty f(k)\frac{\sin kz}{k^2}\, dk.$$

Ces deux fonctions, calculées comme précédemment, seront connues avec une précision de l'ordre de celle avec laquelle est obtenue $\varphi(z)$, ce qui n'est évidemment pas le cas lorsqu'elles sont déterminées par dérivation graphique.

OPTIQUE. — *Étude de la réflexion sélective d'une composante hyperfine de la raie* λ 2537 *sur la vapeur de mercure*. Note de MM. **Jean-Louis Cojan** et **Robert Lennuier**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Le facteur de réflexion d'un dioptre silice-vapeur de mercure pour le rayonnement de résonance λ 2537 de celle-ci peut prendre des valeurs élevées même pour une incidence voisine de la normale. Ce phénomène a été découvert par Wood ([1]) et a fait l'objet de quelques travaux ultérieurs ([2]). Au cours d'une étude récente ([3]), l'un de nous a établi que l'exaltation du facteur de réflexion est déjà décelable sur la vapeur en équilibre avec une goutte de mercure liquide à 80° C (pression $0^{mm},1$). L'intensité réfléchie augmente presque linéairement avec la température de la goutte liquide jusque vers 170° C (pression 6^{mm}); elle reste ensuite sensiblement stationnaire entre 180° C et 300° C (pression 25^{cm}), puis croît de nouveau très rapidement au delà. C'est à des pressions relativement élevées (supérieures à 1^{cm}) que la plupart des études antérieures avaient été effectuées, mais il est probable que dans ces conditions les niveaux hyperfins de résonance sont notablement élargis par les influences mutuelles des atomes. Celles-ci doivent devenir négligeables à plus basse température et le calcul des indices de réfraction et d'extinction de la vapeur montre que, à 152° C par exemple (pression 3^{mm}), le facteur de réflexion ρ du dioptre silice-vapeur de mercure pour l'incidence normale reste sensiblement égal à celui du dioptre silice-vide, sauf dans un domaine spectral extrêmement fin entourant chaque centre hyperfin de résonance; du côté grandes longueurs d'onde d'un tel centre, ρ devient très faible (pratiquement nul) lorsqu'on approche de celui-ci, puis croît très brutalement (en l'espace de 10^{-5} Å) jusqu'à environ 0,7; le maximum se trouve légèrement décalé du côté courtes longueurs d'onde (écart de l'ordre de 10^{-5} Å); la décroissance de ρ est ensuite plus lente et le centre de gravité de la raie réfléchie se trouve à environ 2.10^{-5} Å du maximum, côté courtes longueurs d'onde.

La raie réfléchie sélectivement autour du centre hyperfin X 202 vers 150° C aurait donc théoriquement une largeur inférieure à 10^{-4} Å, 50 fois plus faible que la largeur qu'aurait dans les mêmes conditions la raie hyperfine de résonance par suite de l'effet Doppler dû à l'agitation thermique et de l'effet

---

(1) *Researches in physical Optics*, New-York, 1913.

(2) W. Rump, *Zeits. f. Phys.*, 29, 1924, p. 196; O. Schnettler, *Zeits. f. Phys.*, 65, 1930, p. 55; G. Sickmann, *Ueber die selektive Reflexion*, Berlin, 1940; J. M. Hansen and H. W. Webb, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 532.

(3) J.-L. Cojan, Diplôme d'Etudes supérieures, Paris, 1949; Communication à la Société française de Physique du 16-4-48 (*J. de Phys.*, 9, 1948, p. 17 S).

des chocs subis par un atome pendant sa durée d'excitation. Mais ces deux causes d'élargissement ne peuvent pas intervenir par réflexion, car les conditions de cohérence requises par la formation de l'onde régulièrement réfléchie entraînent que seuls participent à la réflexion les atomes localisés (sur une épaisseur petite devant la longueur d'onde) le long du dioptre et n'ayant subi aucun choc entre leur excitation et leur émission ; aucun des deux élargissements envisagés ne peut alors se manifester ([4]); ces conditions, jointes à la loi de probabilité d'émission d'un atome excité par sa raie de résonance, permettent de rendre compte des variations de l'intensité réfléchie avec la température au-dessus de 250° C ([3]).

2. Une analyse spectrale fine effectuée à l'aide du montage qui va être décrit nous a permis de vérifier les prévisions précédentes relatives à la largeur de la raie réfléchie sélectivement et de suivre l'augmentation de cette largeur avec la pression. Le rayonnement incident est constitué par la composante X 202 de la raie λ 2537, cette composante étant isolée des quatre autres par la méthode décrite dans une Note précédente ([5]). Le faisceau ainsi obtenu est polarisé circulairement, puis envoyé, sous une incidence presque normale, sur la fenêtre plane d'une petite cuve C_1 remplie de vapeur de mercure. Le faisceau obtenu par réflexion sur le dioptre air-silice est éliminé (la fenêtre étant légèrement prismatique); celui qui provient de la réflexion sur le dioptre silice-vapeur de mercure est envoyé sur une seconde cuve analogue C_2, sous la même incidence ; après une nouvelle réflexion sur le dioptre silice-vapeur de mercure de C_2 le faisceau est reçu par la photo-cathode d'un tube R. C. A. multiplicateur d'électrons (type 1 P 28); le courant de sortie est très sensiblement proportionnel au flux transporté par le faisceau après deux réflexions. La cuve C_1 plonge dans un champ magnétique H perpendiculaire au dioptre réfléchissant, variable entre 0 et 500 gauss et pouvant être inversé.

Grâce à ce champ et à la polarisation du faisceau incident, la réflexion sélective s'effectue non pas autour de l'exacte longueur d'onde λ_0 du centre hyperfin X 202, mais sur une longueur d'onde $\lambda_0 + x$ déplacée par effet Zeeman de $x = 4,15\ 10^{-3}$ H mÅ (H en gauss). En faisant varier H (et en l'inversant) on explore donc, avec la fine raie réfléchie sélectivement par C_1, un domaine spectral entourant sur une largeur de ± 2 mÅ le centre hyperfin λ_0. Si l'on supprime la seconde cuve C_2, on explore directement le profil spectral du rayonnement incident. Avec la seconde réflexion sur C_2, on explore un profil correspondant à une réflexion sélective. On a donc un moyen de reconnaître la finesse de celui-ci. Les résultats obtenus par cette méthode seront publiés prochainement : ils ont confirmé les prévisions relatives à la finesse de ce procédé d'analyse.

([4]) R. LENNUIER, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 708.
([5]) J.-L. COJAN et R. LENNUIER, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 670.

OPTIQUE. — *Interférence des rayons diffractés par les bords d'une lame de Lummer-Gehrcke.* Note de MM. **E. Charron** et **N. Jégand**, présentée par M. Jean Cabannes.

La lame de Lummer-Gehrcke, que nous avons d'abord étudiée comme spectroscope interférentiel pour l'examen de la structure hyperfine de certaines raies d'émission, possède les caractéristiques suivantes (¹) :

Longueur : $12^{cm},94$, permettant la transmission de 17 à 19 rayons; épaisseur : $4^{mm},18$; formule de dispersion : $n^2 = 2,5294 + 0,031072/\lambda^2$ (λ en microns).

Pour la raie rouge du cadmium ($\lambda = 6438$ Å) en particulier.

Indice : $n = 1,614 \pm 0,001$; ordre d'interférence au centre : $K = 16.451$.

Le dispositif que nous avons réalisé nous permet d'observer les deux systèmes de franges classiques, que nous appellerons franges de Lummer, produites des deux côtés de la lame. En étudiant la loi de variation des interfranges, nous avons observé par hasard, entre les deux systèmes de franges de Lummer, c'est-à-dire au voisinage de la direction même des faces de la lame, un autre système de franges tout à fait différent des premiers, et dont nous n'avons trouvé mention dans aucun Mémoire relatif à cet appareil.

On sait que l'écart des franges de Lummer diminue progressivement à partir de l'incidence rasante. Les nouvelles franges que nous avons observées sont, au contraire, équidistantes et beaucoup plus serrées que les franges de Lummer. Leur écart angulaire, mesuré pour la raie verte du mercure ($\lambda = 5460$ Å), est environ $1,31 \cdot 10^{-4}$ radian à 4 % près. Ces franges disparaissent lorsqu'on arrête les rayons sortant par l'une ou l'autre des deux faces de la lame : elles sont donc certainement dues à l'interférence de ces deux faisceaux. Le phénomène est comparable à la diffraction produite en lumière parallèle par un écran opaque de même épaisseur que cette lame. De fait, avec une simple lame de fer de même forme générale que la lame de Lummer, nous avons obtenu des franges analogues. L'espacement angulaire trouvé expérimentalement correspond bien à cette interprétation (valeur théorique $\lambda/e = 0,546/4.180 = 1,31 \cdot 10^{-4}$ radian).

Mais, par ailleurs, ces franges présentent des particularités remarquables :

1° On ne les observe qu'en lumière monochromatique ;

2° On peut, pour leur obtention, employer une source étendue ;

3° Elles sont très fugaces et instables, c'est-à-dire qu'il arrivait fréquemment que nous ne pouvions pas les obtenir, tandis que, d'autres fois, sans aucune précaution spéciale ni différence appréciable du dispositif, nous les voyions

(¹) N. Ségard, *Étude d'une lame Lummer-Gehrcke*, Diplôme d'Etudes Supérieures de Sciences Physiques, Lille, mars 1945.

nettement. Parfois, sans aucune cause apparente, elles disparaissaient progressivement en quelques minutes ou même en quelques secondes dans un éclairement uniforme; ou bien, au contraire, elles se montraient peu à peu. Nous avons cru remarquer que l'on faisait parfois apparaître ces franges en chauffant légèrement la lame puis en l'isolant thermiquement pour la laisser refroidir lentement et régulièrement pendant l'observation; mais cependant, nous n'avons pas encore trouvé le moyen de les obtenir à coup sûr.

Ces trois particularités, surtout les deux premières, s'expliquent bien. Les rayons sortant successivement par les deux faces de la lame présentent une différence de marche d'environ 16 500 λ, une amplitude décroissante, et leur nombre peut différer d'une ou deux unités pour les deux faces. Les deux ondes résultantes des deux côtés de la lame présentent donc une grande différence de marche nécessitant la lumière monochromatique, et cette différence peut varier très facilement de quelques unités par l'action des moindres taches ou poussières sur les faces de la lame (modifiant l'intensité des rayons) et par l'influence de la température qui change l'épaisseur et l'indice. Enfin l'emploi d'une source étendue s'explique par le fait qu'une partie infime de cette source, dans le sens normal aux faces de la lame et aux franges, se trouve utilisée dans ce phénomène. En effet, la lame étant horizontale et la source étant une large fente verticale, soit H la partie horizontale qui donne les rayons rasants interférant dans ce phénomène. H partage la source en deux portions. Celle du haut donne des rayons qui subissent la réflexion totale et donc n'intéressent pas ce phénomène. Dans l'autre portion, celle du bas, soit H' une partie horizontale située à une hauteur dz très petite au-dessous de H. A cette variation dz correspond une variation dr de l'angle r de réfraction qui est du même ordre que dz; mais corrélativement existe une variation di beaucoup plus grande de l'angle i d'incidence, puisque cet angle est voisin de 90°. D'ailleurs, même si les rayons émergents légèrement écartés de la lame interfèrent encore, étant donné qu'ils font, des deux côtés de la lame, le même angle avec les faces, les franges qu'ils donnent se superposent à celles des rayons rasants. Expérimentalement, nous avons vérifié l'extrême petitesse de la partie utile de la source à l'aide d'un écran que l'on descendait petit à petit le long de la large fente lumineuse verticale. Il n'y avait d'abord rien de changé au phénomène, puis, brusquement, pour une très petite variation de la position de l'écran, les franges disparaissaient.

Bref, le point de cette étude qui reste à élucider est le problème de l'irrégularité d'obtention de ces franges et de leur fugacité, car, comme nous l'avons signalé, nous ne sommes pas arrivés à les obtenir systématiquement, ni à savoir comment les garder. Nous nous proposons, dans une étude ultérieure, de résoudre cette question.

OPTIQUE. — *Limite de séparation du microscope à contraste de phase.* Note de M. **Maurice Françon**, présentée par M. Jean Cabannes.

On étudie la limite de séparation de deux très petits détails transparents, dont les dimensions sont inférieures au pouvoir séparateur du microscope et qui sont rendus visibles par contraste de phase. On calcule la structure de l'image des deux objets en deux temps : en supposant d'abord le système éclairé par une onde plane, on détermine le phénomène de diffraction dans le plan conjugué de la source ponctuelle. Par application de la transformation de Fourier, on calcule ensuite l'image en tenant compte des modifications apportées par la lame de phase. On fait une nouvelle intégration dans le cas d'une source circulaire située à l'infini sur l'axe de l'instrument. La lame de phase est également circulaire et recouvre l'image de la source donnée par l'objectif.

Soient φ la phase introduite par les deux petits objets, ε leur surface, $2x_1$ leur distance, $d = \log_{10} N$ la densité de la lame de phase, λ la longueur d'onde. F_1 et F_2 sont deux fonctions dépendant de x_1 et x, de l'ouverture u de l'objectif et du rayon angulaire α_1 de la lame de phase. Les fonctions F_1 et F_2 ne sont autres que les figures de diffraction en amplitude de 2 sources ponctuelles, l'objectif étant diaphragmé par la lame de phase. En étudiant seulement ce qui se passe sur l'axe des x et en posant $k = 2\pi/\lambda$, on a

$$F_1 = u\frac{J_1[k(x_1 - x)u]}{k(x_1 - x)} - \alpha_1\frac{J_1[k(x_1 - x)\alpha_1]}{k(x_1 - x)},$$

$$F_2 = u\frac{J_1[k(x_1 + x)u]}{k(x_1 + x)} - \alpha_1\frac{J_1[k(x_1 + x)\alpha_1]}{k(x_1 + x)},$$

d'où la répartition des intensités en supposant φ petit

$$I(x) = 1 + \frac{8\pi\varepsilon\varphi\sqrt{N}}{\lambda^2}\left\{F_1\frac{J_1[k(x - x_1)\alpha_1]}{k(x - x_1)\alpha_1} + F_2\frac{J_1[k(x + x_1)\alpha_1]}{k(x + x_1)\alpha_1}\right\}.$$

Si $2x_1$ est assez grand, la courbe $I(x)$ au voisinage de $x = 0$ présente sa concavité du côté des ordonnées positives. Pour $2x_1$ très petit, la courbe $I(x)$ est convexe du côté des ordonnées positives. On peut admettre avec Luneberg qu'il y aura limite de séparation lorsque la dérivée seconde de $I(x)$ est nulle au point $x = 0$.

Posons $\omega = kx_1\alpha_1$ et $m = \alpha_1/u$, on obtient la condition

$$\left[20\frac{m}{\omega^2} - \left(m + \frac{1}{m}\right)\right]J_1\left(\frac{\omega}{m}\right)J_1(\omega) - \frac{7m}{\omega}J_1\left(\frac{\omega}{m}\right)J_0(\omega) + 2J_0\left(\frac{\omega}{m}\right)J_0(\omega)$$
$$- \frac{7}{\omega}J_0\left(\frac{\omega}{m}\right)J_1(\omega) - \frac{2m^2}{\omega^2}(10 - \omega^2)J_1^2(\omega) + 14\frac{m^2}{\omega}J_1(\omega)J_0(\omega) = 0.$$

Pour $m = 0,3$ on a

$$2x_1 = \frac{1,33\lambda}{2n\sin u}$$

(u étant considéré comme petit).

Si la largeur de la lame de phase augmente, le pouvoir séparateur augmente encore. Pour $m = 0,6$, on a

$$2x_1 = \frac{0,22\lambda}{2n \sin u}.$$

Le fait que la diaphragmation centrale améliore le pouvoir séparateur, n'est pas nouveau. On augmente le pouvoir séparateur d'une lunette en masquant le centre de l'objectif par un écran opaque circulaire. Mais si l'on observe des plages étendues faiblement contrastées, on obtient le résultat opposé.

Ici aussi, les calculs précédents ne s'appliquent qu'à la limite de séparation de 2 points; de plus, à mesure que la lame de phase s'agrandit, le contraste diminue, il sera donc prudent de ne pas dépasser des valeurs de m de l'ordre de 0,3. Le pouvoir séparateur en contraste de phase oscillera donc autour de la valeur obtenue en éclairage incohérent (microscope ordinaire) :

$$2x_1 = \frac{1,04\lambda}{2n \sin u}.$$

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Absorption dans le proche ultraviolet de cristaux de sulfate et de séléniate de nickel.* Note de M. **Georges Vuldy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Principe de la méthode. — J'ai utilisé une méthode analogue à celle de G. Ribaud ([1]). La lumière issue d'un tube à hydrogène dont le courant d'alimentation est maintenu constant traverse un diaphragme sur lequel on peut ajuster le cristal, puis un dispositif réducteur de lumière formé par deux prismes polariseurs à champ normal transparents pour l'ultraviolet, et un spectrographe à optique de quartz. On fait une première pose sans le cristal avec un coefficient de réduction connu, puis une deuxième de même durée avec le cristal et un coefficient de réduction égal à 1, de façon à obtenir deux spectres juxtaposés sur la plaque. On repère ensuite la longueur d'onde où il y a égalité de noircissement.

Réalisation. — Comme les deux positions du polariseur symétriques par rapport à la position du maximum de lumière ne me donnaient pas toujours des spectres également exposés, j'ai fait trois spectres au lieu de deux en plaçant le spectre avec le corps absorbant entre les deux spectres relatifs à un coefficient de réduction donné.

La longueur d'onde est mesurée par la distance de la raie H_3 du spectre préalablement étalonné.

On obtient ainsi la perte totale subie par le flux lumineux à travers le cristal. Les lames étudiées choisies avec le moins de défauts possible, présentaient une

([1]) *Ann. de Phys.*, **12**, 1919, p. 107.

absorption totale à peu près constante et minimum dans l'ultraviolet loin de la bande. Pour mesurer les pertes par réflexion et diffusion j'ai supposé qu'elles étaient indépendantes de la longueur d'onde et égales à ce minimum d'absorption. Signalons que pour une série de poses faites avec un même cristal, la position de celui-ci n'a pas été modifiée.

Les coefficients d'extinction K relatifs à 1^{cm} d'épaisseur sont définis pour chaque longueur d'onde par la relation $I = I_0 A 10^{-Kl}$, où I_0 est l'intensité lumineuse incidente, I l'intensité transmise par le cristal, A un coefficient dû aux pertes par réflexion et diffusion et l l'épaisseur du cristal en centimètres. Cette dernière est mesurée au palmer à 1/100 de millimètre près.

En tenant compte des différentes erreurs, l'erreur relative sur K au maximum d'absorption ne doit pas dépasser 0,03. A titre de contrôle une mesure préalable de l'absorption d'une solution titrée de NO_3K a donné un accord satisfaisant avec les mesures déjà connues (2).

Résultats. — 1° Cristaux de sulfate de nickel quadratiques $SO_4Ni, 6H_2O$ clivés perpendiculairement à l'axe optique. A partir d'un produit pur pour analyse on a trouvé :

λ(Å)..	4730	4527	4261	4172	4109	4080	4055	3989	3966	3932
K....	1,3	1,4	5	11	17	19,7	23,1	28,9	31,1	32,5
λ(Å)..	3888	3847	3819	3791	3747	3712	3698	3635	3501	3269
K....	33,6 (M)	32,5	31,1	28,9	23,1	19,7	17	11	5	1,4

Ces résultats, qui donnent une courbe régulière, ont été obtenus à l'aide de deux lames; l'une, de $0^{cm},050$ d'épaisseur, présente un coefficient de transmission maximum de 0,88 vers 3000 Å; pour l'autre, de $0^{cm},0265$, ce même coefficient est 0,83 vers 3000 Å. Le fait que la lame la plus mince ait la plus forte absorption totale loin de la bande ne peut s'interpréter que par l'inégalité des pertes par réflexion et diffusion. Il ne serait donc pas exact d'éliminer ces pertes à partir des mesures sur les deux lames. Ces résultats sont en mauvais accord avec ceux obtenus par R. Tréhin (3) qui trouve pour le maximum d'absorption la valeur 25 à 3890 Å. Cet écart est nettement supérieur aux erreurs de mesures. Il ne vient pas de la pureté des cristaux, car des mesures d'absorption dans la bande rouge de 0,675 μ faites avec un spectrophotomètre visuel de Jobin et Yvon ont donné un accord satisfaisant avec les résultats de Ingersoll, Rudnick, Slack et Underwood (4). Il est possible que cette différence provienne du fait que Tréhin a calculé K en éliminant les pertes par réflexion et diffusion entre les mesures relatives à deux lames d'épaisseurs différentes.

---

(2) BALY, MORTON et RIDING, *Proc. of the Royal Society*, séries A, 113, 1926-1927, p. 709.

(3) *Annales de Physique*, 20, 1945, p. 372.

(4) *Physical Review*, 57, 1940, p. 1145.

2° Cristaux de séléniate de nickel quadratique $SeO_4Ni, 6H_2O$ clivés perpendiculairement à l'axe optique.

λ(Å)........	4600.	4381.	4253.	4149.	4087.	4021.	3950.	3912.	3897.
K........	1,2	2,7	4,9	11,6	18,3	25	30,3	31,6	31,7 (M)
λ(Å)........	3883.	3848.	3782.	3722.	3656.	3546.	3442.	3300.	
K........	31,6	30,3	25	18,3	11,6	4,9	2,7	1	

Ces résultats sont relatifs à une seule lame de $0^{cm},045$ d'épaisseur pour laquelle le coefficient de transmission maximum est de 0,83 vers 3000 Å. Lorsqu'on passe du sulfate au séléniate, la longueur d'onde du maximum d'absorption subit une augmentation de l'ordre de l'erreur expérimentale et la valeur correspondante de K subit une diminution juste égale au maximum de l'erreur expérimentale.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la dépolarisation de la lumière diffusée par les gaz.* Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par l'air paraissait depuis longtemps connu avec une grande précision; J. Cabannes (¹) donne ainsi $\rho = 0,0415 \pm 0,0005$ comme moyenne de plusieurs déterminations concordantes.

Or les mesures très précises que j'ai effectuées dans les conditions précédemment décrites (²) donnent

$$\rho = 0,0310 \pm 0,0005 \text{ (e. p.)} \qquad (\lambda_\Phi = 4650\text{ Å})$$

en désaccord net avec les résultats antérieurs.

2. Le tableau suivant réunit les valeurs de 100ρ mesurées par divers auteurs depuis 1920 pour l'air et quelques autres gaz de faible anisotropie optique.

Année.	1920 (1).	1923 (2).	1924 (3).	1927 (4).	1932 (5).	moyenne.	1935 (6).	1937 (7).	moyenne.
Air.......	4,0	4,37	4,15	4,15	4,15	4,15	–	–	–
CH_4......	–	–	1,5	–	1,12	1,3:	0,00*	0,34**	0,1:
H_2........	1,7	3,6	2,2	2,74	2,57	2,45	0,90*	–	0,90
CO_2......	9,5	10,6	9,8	9,7	9,72	9,75	7,24	–	7,25

(*) Valeur corrigée des impuretés.
(**) Pureté 96,5 %, la valeur pour le gaz pur serait environ 0,2.
(1) J. Cabannes; (2) C. V. Raman et K. S. Rao; (3) J. Cabannes; (4) R. Rao; (5) S. Parthasaraty; (6) H. Volkmann; (7) R. Ananthakrishnan.

On voit que les mesures antérieures à 1935 donnent des valeurs systématiquement supérieures à celles des deux séries particulièrement soignées

(¹) *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1929, p. 86.
(²) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 914.

de 1935. La concordance impressionnante des mesures anciennes ne révèle donc qu'une communauté d'erreurs, déjà analysées par Volkmann ([3]).

Le tableau suivant contient les corrections à apporter aux valeurs anciennes de 100ρ pour les gaz étudiés avant et après 1935 :

Gaz.	CH_4.	H_2.	CO_2.
$100\,\Delta\rho$.........	$-1,2$	$-1,55$	$-2,50$

On pouvait donc soupçonner que la valeur de 100ρ admise pour l'air était trop forte et qu'il y avait lieu de lui faire subir une correction voisine d'une ou deux unités. Il y a là, semble-t-il, une confirmation de la valeur que nous donnons ici.

3. L'étude de l'oxyde d'éthyle liquide confirme aussi cette conclusion; six valeurs de 100ρ publiées de 1920 à 1925 [*cf.* ([1]), p. 183] varient de 8,0 à 9,3 (moyenne 8,6), alors que celle de Peyrot (1936) ([4]) est 7,1 et que mes mesures récentes donnent

$$7,3 \pm 0,05 \text{ e. p.} \quad \text{vers} \quad \lambda \sim 4500 \text{ Å}$$

et

$$7,0 \pm 0,05 \text{ e. p.} \quad \text{vers} \quad \lambda \sim 5500 \text{ Å}.$$

La nouvelle valeur de la dépolarisation de la lumière difusée par les molécules de l'air conduit à une amélioration des valeurs du nombre d'Avogadro déduites de l'absorption atmosphérique.

SPECTROSCOPIE. — *Observation des radiations du proche infrarouge à l'aide d'un oculaire électronique.* Note (*) de MM. **Georges Déjardin** et **René Falgon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les convertisseurs d'images, dénommés communément oculaires ou télescopes électroniques, permettent de transformer une image optique, projetée sur une photocathode, en une image électronique rendue visible sur un écran fluorescent. Le modèle le plus simple, réalisé tout d'abord par G. Holst et ses collaborateurs ([1]), comprend seulement deux électrodes (photocathode au césium sur argent oxydé, anode fluorescente) semi-transparentes, planes et disposées parallèlement à une distance de l'ordre du centimètre. Il suffit

---

([3]) *Annalen der Physik*, **24**, 1935, p. 457.

([4]) *Annales de Physique*, **9**, 1938, p. 335.

(*) Séance du 11 avril 1949.

([1]) G. Holst, J.-H. de Boer, M.-C. Teves et C.-F. Veenemans, *Physica*, **1**, 1943, p. 297-305.

Un dispositif analogue a été construit en 1936 (G. Butery et G. Sandoz, *Journ. de Phys.*, VII, 8, 1937, p. 46 S) sous la direction de l'un d'entre nous. Associé à un monochromateur, il a servi à des mesures spectrophotométriques dans le proche infrarouge.

d'appliquer entre ces électrodes une tension de quelques milliers de volts pour faire apparaître, à travers l'anode, la réplique visible d'une image formée, en lumière infrarouge, sur la photocathode. Un dispositif de ce genre a été construit en grande série, pendant la guerre, pour les besoins des forces armées britanniques ([2]). Grâce à certains perfectionnements de fabrication, il est supérieur aux modèles antérieurs du même type et il peut rivaliser, dans une certaine mesure, avec les convertisseurs comportant une optique électronique intercalée entre les deux électrodes.

Cet oculaire, qui a la forme d'un cylindre de 5^{cm} de diamètre et de 4^{cm} de longueur, a été monté rigidement sur la chambre d'un grand spectrographe assez lumineux ($f/5$), réglé de manière que le spectre infrarouge soit au point sur la surface photosensible, la dispersion linéaire variant de 110 à 230 Å par millimètre entre 7500 et 10000 Å. Une tension de 2500 à 4000 V, redressée et stabilisée (transformateur, valve et condensateur), est appliquée entre la photocathode et l'anode recouverte d'une mince couche de willémite. Ces deux électrodes, distantes de 5^{mm}, ont un diamètre utile de 32^{mm}, couvrant la région de 7000 à 12000 Å. Les radiations infrarouges, qui apparaissent en vert (maximum voisin de 5250 Å) sur l'écran, peuvent être observées à l'aide d'un oculaire à réticule ou photographiées sur plaque orthochromatique. Dans ce dernier cas, nous avons utilisé des objectifs ouverts à $f/2,9$ ou à $f/1,5$ et des plaques *Lumichrome* Lumière ou *Super Aviachrom* Crumière. Les observations peuvent être étendues au spectre visible, mais chaque raie *verte* est alors accompagnée d'une image floue colorée due à la transmission de la lumière par les électrodes semi-transparentes.

Afin de donner une idée des résultats obtenus avec cet appareillage, nous décrivons ci-dessous quelques-uns des spectres observés visuellement et photographiés :

Mercure (lampe Georges-Gallois à moyenne pression). Spectre continu assez intense sur lequel se détachent les raies ou groupes de raies (non séparées) suivants : 7729, 8165-8196, 8758-8763-8773-8784, 9243, 9426-9432-9438-9443, 9496-9526, 9838, 9969-9981, 10140 et 11286 Å.

Argon (tube de Plücker). Raies ou groupes : 7504-7515, 7635, 7723,8-7724,2, 7948, 8006-8015, 8104-8115, 8265, 8408-8425, 8521, 8668, 9123, 9224, 9658 et 9784 Å.

Flamme avec chlorure de césium impur. Doublets principaux du césium (8521, 8944), du rubidium (7800, 7948) et du potassium (7665, 7699).

L'examen détaillé du spectre de l'argon a permis de se rendre compte de la définition obtenue : dans les meilleures conditions d'expérimentation, on commence seulement à distinguer séparément les raies intenses des

([2]) T.-H. Pratt, *Journ. Scient. Inst.*, 24, 1947, p. 312-314; *Electronic Engineering*, 20, 1948, p. 274-278 et 314-316.

groupes 8104-8115 et 8408-8425, ce qui correspond à une résolution voisine de 100 traits au centimètre sur la cathode (un peu inférieure à celle qui peut être atteinte, en noir et blanc, dans l'utilisation habituelle de l'oculaire). La sensibilité de la photocathode, dont dépend l'intensité des radiations observées, est maximum vers 8000 Å, mais elle demeure satisfaisante jusqu'à 10000 Å. Quoique très affaiblie, elle persiste jusqu'à 12000 Å, ainsi que le montre l'examen du spectre continu d'une lampe à filament de tungstène. Dans cette région extrême, nous avons observé sans difficulté les raies intenses du mercure (10140 et 11286 Å) et de l'hélium (10830 Å). La surface photosensible semble bien uniforme et sa courbe spectrale de sensibilité peut être déterminée avec une certaine précision; le dispositif se prête donc assez bien à des comparaisons spectrophotométriques.

Des observations analogues ont été effectuées par Z. V. Harvalik (3) en montant sur un spectroscope l'oculaire 1P25 de la Radio Corporation of America. Nous nous proposons d'utiliser, avec divers spectrographes, un télescope électronique muni d'un système de focalisation électrostatique et fonctionnant sous une tension plus élevée.

RAYONS X. — *Appareil pour obtenir et transporter des mono-cristaux à basse température. Applications à l'acide* NO_3H, *à ses hydrates et à leurs diagrammes de rayons* X. Note (*) de M. **Léon Bouttier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note antérieure (1) avaient été publiées quelques observations faites sur l'acide nitrique à — 41° à l'aide d'un microscope polarisant d'un type nouveau adapté aux basses températures. Ce travail a pu être complété par une étude aux rayons X. Dans ce but j'ai dû construire un appareil pratique permettant à la fois :

1° d'obtenir des mono-cristaux de quelques millimètres jusqu'à des températures de — 100°;

2° de transporter le cristal ainsi obtenu à basse température jusqu'au Weissemberg adapté à cet usage (on a pu observer ainsi des mono-cristaux de 7^{mm}).

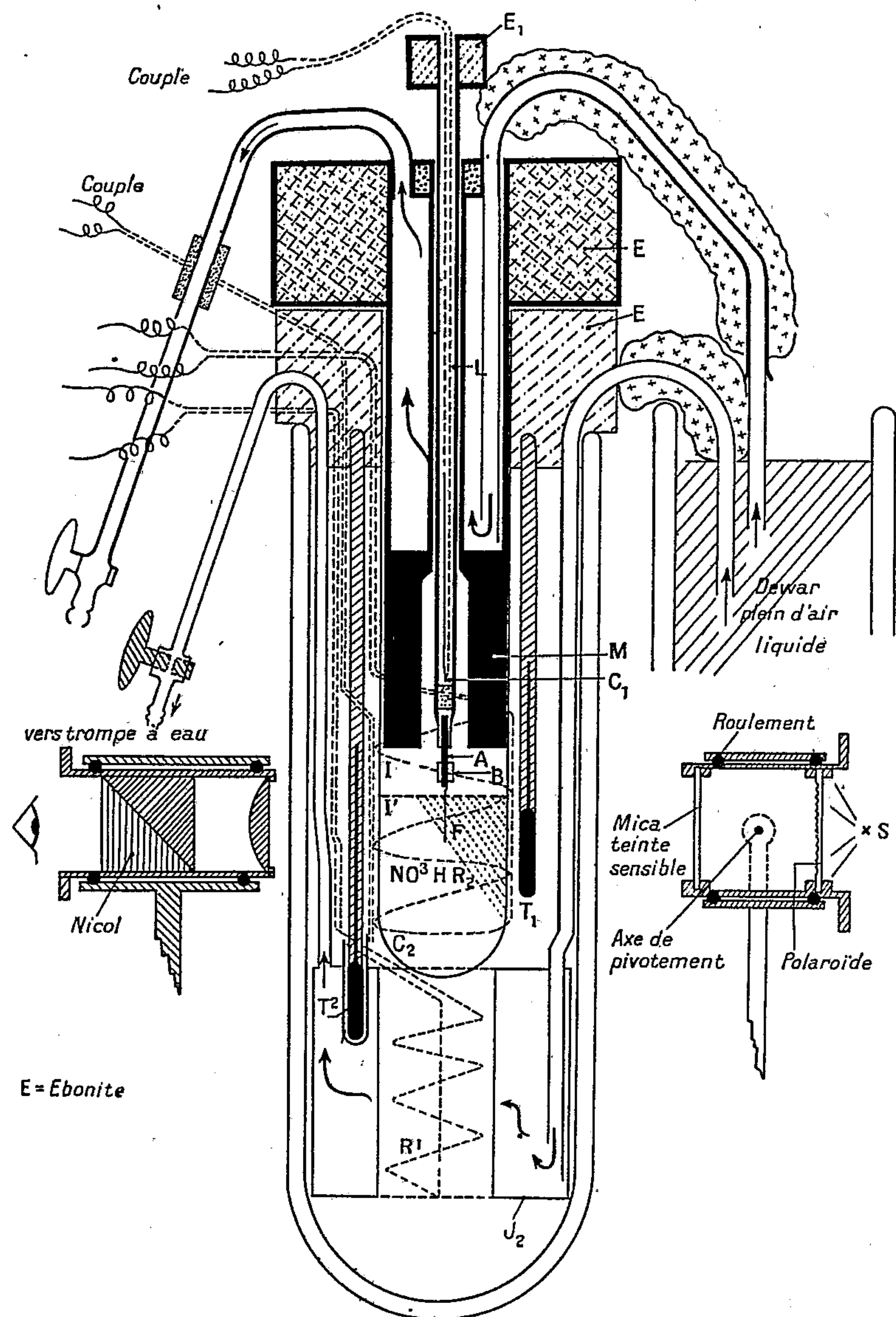
L'appareil est représenté sur la figure. Le refroidissement se fait par un courant d'air sec obtenu par ébullition sous pression réduite d'air liquide. Une double circulation refroidit simultanément le corps à cristalliser placé dans le tube à essais et le bloc d'aluminium M dans lequel peut glisser la tige centrale L enserrant elle-même la tige A portant le fil d'aluminium F sur lequel se fixe-

(3) *Rev. Scient. Inst.*, 19, 1948, p. 254-257.

(*) Séance du 21 mars 1949.

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1084.

ront les mono-cristaux. Les thermomètres T_1T_2 et les couples différentiels C_1C_2 servent à contrôler les températures. La résistance de chauffe R permet de détacher de la paroi du tube, par fusion partielle, les cristaux qui s'y étaient



formés. Les plus petits, brassés dans le liquide, serviront de germes aux mono-cristaux. Le système optique S à 2 nicols et lame à teinte sensible permet de suivre le développement de ces derniers. On ne laissera se fixer au fil que celui qui se présentera dans les meilleures conditions.

Au moment voulu, grâce au bouton E_1, le cristal est retiré à l'intérieur du bloc M dont la température sera alors abaissée vers — 80° — 100°. Ce bloc sera

ensuite libéré et servira à transporter le cristal (thermiquement protégé du réchauffement et de l'humidité) jusqu'au Weissemberg, où celui-ci sera sorti du bloc, détaché et réglé à l'abri d'un jet d'air froid et sec. Ce jet sera maintenu pendant tout le temps nécessaire à la prise des clichés.

Résultats. — En moins de 100 heures il a été possible de prendre tous les diagrammes utiles sur des mono-cristaux de NO_3H, $NO_3H\,1\,H_2O$ et $NO_3H\,3\,H_2O$. Ceux-ci sont actuellement à l'étude. L'examen optique confirmé par les premiers diagrammes nous permet d'assurer que ces trois cristaux sont orthorhombiques. Le contrôle optique et la possibilité de maintenir à différentes températures les diverses parties de l'appareil ont permis de cristalliser les corps présentant des surfusions de — 30° ($2\,NO_3H$, NO_3K). Des expériences sont en cours pour faire des monocristaux de corps organiques à des températures comprises entre + 50° et — 100°.

RAYONS X. — *Diffusion des rayons* X *aux petits angles par des systèmes denses de particules identiques.* Note de M. **Gérard Fournet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Pour obtenir l'intensité diffusée par un ensemble de particules éloignées, il suffit de faire la somme des intensités diffusées $F^2(h)[h=(4\pi\sin\theta)/\lambda]$ par les différentes particules. Sauf dans le cas de particules à symétrie sphérique $F^2(h)$ dépend de l'orientation de la particule et l'intensité observée est :

$$\overline{I(h)}=\overline{N}.\overline{F^2(h)}, \tag{1}$$

$\overline{N}$ étant le nombre moyen de particules irradiées par le faisceau. Mais lorsque la densité de l'ensemble augmente, on ne peut plus négliger les interférences entre les ondes diffusées par des particules différentes et l'expression (1) n'est plus valable. Dans cette Note nous nous proposons de déterminer ce que l'on peut tirer des résultats des expériences de diffusion centrale par des systèmes denses.

En supposant que les particules ont un centre de symétrie et qu'il y a indépendance stochastique entre les orientations et les positions des particules nous avons trouvé

$$\overline{I(h)}=\overline{N}\left\{\overline{F^2(h)}-\frac{1}{v_1}\overline{F(h)}^2\int_0^\infty[1-P(r)]\frac{\sin hr}{hr}4\pi r^2\,dr\right\}, \tag{2}$$

où $P(r)$ est la fonction de répartition et v_1 le volume moyen offert à chaque particule. La relation (2), qui généralise les résultats bien connus de Zernicke et Prins [1] et Debye [2] relatifs aux liquides à molécules sphériques, permet

[1] *Z. Phys.*, **41**, 1927, p. 184.

[2] *Phys. Z.*, **28**, p. 135.

de déterminer $P(r)$, mais il faut pour cela connaître $\overline{F^2(h)}$ que l'on peut atteindre par l'étude du système dilué et $\overline{F(h)}$ dont le calcul exige une hypothèse sur la forme de la particule.

Born et Green ([3]), en admettant que l'énergie potentielle $\Phi(r)$ d'un couple de particules ne dépend que de leur distance r, ont montré que l'on a

$$P(r) = e^{-\frac{\Phi(r)}{kT}}\{1 + f(r)\},$$

où $f(r)$ se calcule à partir d'une fonction $\beta(h)$ telle que l'on ait

$$h\beta(h) = \frac{1}{\sqrt{2h}}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(e^{-\frac{\Phi(r)}{kT}} - 1\right) r \sin hr\, dr.$$

En appliquant ces résultats au calcul de (2) nous avons obtenu

$$(3) \qquad \overline{I(h)} = \overline{N}\left\{\overline{F^2(h)} + \overline{F(h)}^2 \frac{\varepsilon\beta(h)}{v_1(2\pi)^{-\frac{3}{2}} - \varepsilon\beta(h)}\right\},$$

et pour des particules sphériques

$$(4) \qquad \overline{I(h)} = \overline{N}\, F^2(h) \frac{v_1}{v_1 - (2\pi)^{\frac{3}{2}}\varepsilon\beta(h)},$$

où $(\varepsilon - 1)$ désigne la valeur moyenne de $f(r)$ pour les petites valeurs de r. Notons que ce résultat n'est valable que si l'équation $v_1(2\pi)^{-3/2} = \varepsilon\beta(h)$ n'a pas de racines réelles (ce qui correspond à l'état gazeux d'après Born et Green). Les expressions (3) et (4) montrent comment $\overline{I(h)}$ dépend de v_1 et par conséquent de la concentration. Ceci permet, à partir de trois courbes $I(h)$ correspondant à des concentrations différentes, de déterminer $\overline{F^2(h)}$, c'est-à-dire la fonction relative à une dilution infinie. On pourrait même ainsi obtenir les fonctions $P(r)$ sans faire aucune hypothèse sur les particules.

Nous avons appliqué ces résultats au calcul de l'intensité diffusée par des particules sphériques de rayon R et de volume v_0 contenant n électrons et n'exerçant aucune force les unes sur les autres; dans ce cas

$$(5) \qquad \overline{I(h)} = \overline{N}\, n^2\Phi^2(hR) \frac{1}{1 + \frac{8v_0\varepsilon}{v_1}\Phi(2hR)},$$

où

$$\Phi(x) = 3\,\frac{\sin x - x\cos x}{x^3}.$$

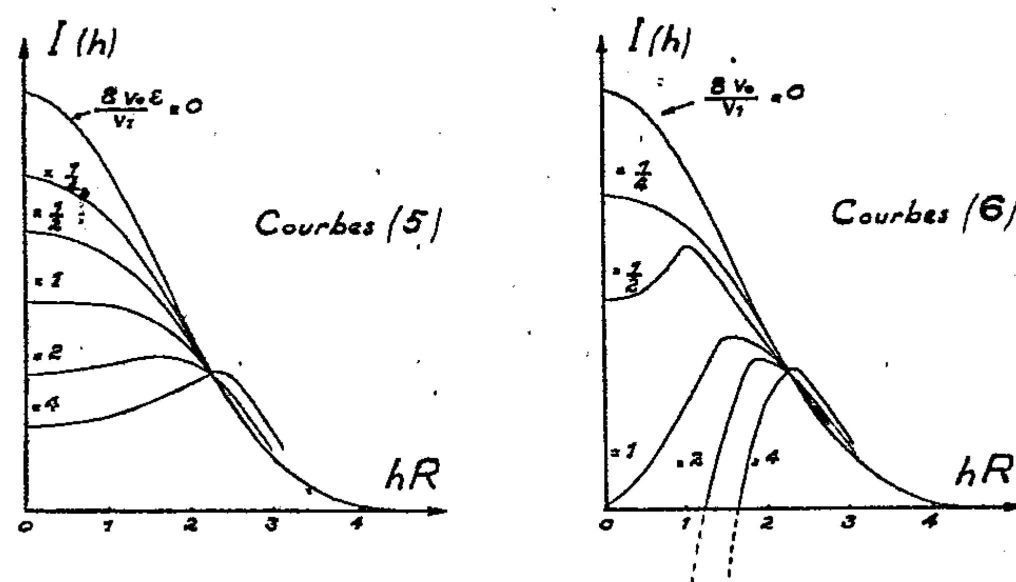
Pour résoudre le même problème, Debye, qui s'était donné *a priori* une

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, A. **188**, p. 10; A. **190**, p. 456; A. **191**, p. 168; Green, *Proc. Roy. Soc.*, A. **189**, p. 103; A. **194**, p. 244.

fonction $P(r)$ que nous avons montré être incorrecte [1] proposait

$$\overline{I(h)} = \overline{N}\, n^2 \Phi^2(hR)\left[1 - \frac{8\varphi_0}{\varphi_1}\Phi(2hR)\right], \tag{6}$$

valeur approchée de (5) pour $\varepsilon = 1$ et $\varphi_0 . \varphi_1^{-1}$ petit. La comparaison des deux réseaux de courbes montre que la formule (5) échappe aux critiques adressées



à Debye (intensité négative, maximum de l'intensité pour un angle quasi indépendant de la concentration). Dans le cas général l'étude de l'expression (3) fournit des courbes ayant la même allure que les courbes (5) et en bon accord avec les résultats expérimentaux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'influence de l'ionisation sur les courbes d'absorption des dérivés benzéniques.* Note de M. **Arpad Kiss** et Mlle **Élisabeth Csetneky**, présentée par M. Louis de Broglie

Il a été démontré à plusieurs reprises que les courbes d'extinction ultraviolette des corps organiques diffèrent notablement suivant qu'ils sont dans l'état ionique ou dans l'état non ionique. Nous avons envisagé l'examen systématique de cette question.

En ce qui concerne les ions, les formules hétéropolaires sont déjà importantes dans l'état de base. La répartition des charges étant différente dans l'état de base et dans l'état excité on peut s'attendre à un moment de transition élevé. Les ions absorbent effectivement plus fortement que les corps neutres dans le domaine des ondes longues.

Parmi les effets possibles de l'ionisation on peut distinguer les cas idéalisés suivants :

A. La courbe d'extinction n'est pas influencée d'une façon notable, la répartition des électrons restant presque inaffectée par le fait de l'ionisation.

---

(1) G. Fournet et A. Guinier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 66.

B. L'ionisation modifie par l'effet inductif la répartition des électrons π dans l'état de base et dans l'état excité. Ceci peut entraîner les conséquences suivantes :

1° Les énergies dans l'état de base et dans l'état excité peuvent se trouver modifiées et ainsi la courbe d'extinction, surtout sa première bande, subit un déplacement vers les ondes longues ou courtes.

2° La probabilité de transition et avec elle l'extinction diminuent ou augmentent.

C. L'ionisation peut influencer par l'effet mésomère l'état de base et l'état excité de différentes façons.

1° L'ionisation supprime la conjugaison du groupement ionisé avec le reste de la molécule. Par conséquent la courbe d'extinction se déplace vers les ondes courtes et l'extinction diminue.

2° L'ionisation favorise la conjugaison du groupement ionisé qui existait déjà dans l'état neutre. Par conséquent l'extinction augmente et la courbe tout entière ou quelques bandes dans celle-ci, se déplacent vers les ondes longues.

3° L'ionisation donne naissance à de nouvelles formules mésomères et modifie ainsi à la fois le mécanisme de l'absorption de la lumière et la structure de la courbe d'extinction.

D. L'ionisation augmente l'interaction dipolaire entre le solvant et la molécule ionisée et ainsi l'influence du solvant.

En pratique ces cas se trouvent entremêlés et on les observe rarement à l'état pur.

Pour éclaircir le problème de l'influence de l'ionisation, nous avons examiné les courbes d'extinction d'un certain nombre de dérivés benzéniques dont les propriétés chimiques et physiques sont bien connues. Pour obtenir les courbes d'extinction dans l'état neutre et dans l'état ionisé, celles-là ont été mesurées respectivement dans des solutions aqueuses et dans des solutions d'acide ou de base dûment concentrées ([1]).

Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Corps.	λ (neutre).		λ (ion).	Cas.
Aniline	2800		2500	C/1
Diphénylamine	2890		2540	C/1
Benzylamine	2550		2550	A
Phénol	2750		2880	C/2
o-aminophénol	–	cation	2730	C/1
		anion	2970	C/2
$C_6H_5CH_2COOH$	2590		2600	A
C_6H_5COOH	2740		2700	C/1

([1]) En relation avec cette question *voir* : A. Kiss et E. Csetneky, *Acta chem. phys. Szeged*, 2, 1948, p. 37.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Moments polaires de quelques hydrocarbures non saturés. Vérification expérimentale de la théorie du Starring Process (Coulson et Rushbrook)* [1]. Note de M. **Henry Lumbroso**, présentée par M. Paul Pascal.

La connaissance précise du moment polaire des hydrocarbures non saturés présente un grand intérêt : en effet le moment polaire permet d'obtenir des informations précieuses sur le degré d'ionicité des liaisons multiples dans les carbures monoéthyléniques [2] et monoacétyléniques ainsi que sur la distribution des électrons π dans les hydrocarbures non saturés de la série aromatique.

Partie expérimentale. — Le moment polaire a été déterminé en solution benzénique à 20°. Nous avons utilisé la méthode des solutions diluées de Debye. En employant les notations habituelles (les indices 1, 2, et 1.2 se référant respectivement au solvant, au soluté et à la solution), la polarisation spécifique p_2 est calculée par la formule de Sugden $p_2 = p_1 + (p_{21} - p_1)/\omega$ (ω conc. massique du soluté). P_E est déduit de l'indice n_D 1.2 des solutions. On a négligé P_A. ε est déterminé avec trois décimales. $\Delta\mu/\mu = 1\ \%$.

1. Phénylacétylène.

$\mu = 0,73$ D.

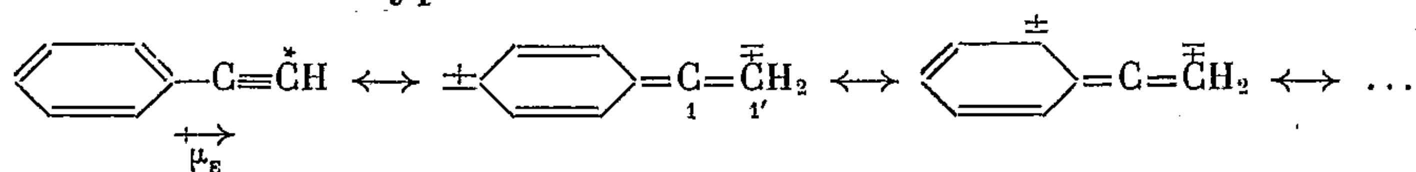
f_2.	d_{12}.	ε_{12}.	p_2.
0	0,8785	2,283	0,34100
0,030354	0,8805	2,308	0,442
0,056921	0,8819	2,334	0,450
0,089076	0,8843	2,360	0,444
0,11394	0,8849	2,370	0,433

$p_{2\infty} = 0,445$, $P_{2\infty} = 45,4$,

$R_{MD\,mes.} = 34,2$, $R_{MD\,calc.} = 33,54$.

Ce moment s'explique par le fait que les C de la triple liaison étant dans l'état d'hybridation (sp) sont plus électronégatifs que les C du cycle (état d'hybridation (sp^2).

D'autre part la possibilité de transfert d'électrons π vers le cycle et inversement (effet mésomère) se traduit par la contribution à la structure de la molécule de formes du type :



Le moment de la molécule est donc la résultante du moment dû à la résonance des électrons π et du moment causé par le faible déplacement des électrons T de la liaison 1 — 1′ sous l'influence du groupe acétylénique C≡CH.

[1] C. A. Coulson et C. S. Rushbrock, *Proc. Camb. phil. Soc.*, 36, 1940, p. 193.

[2] H. Lumbroso, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 77.

Le sens du moment du phénylacétylène montre que les formes possédant un excès d'électrons sur le C* ont un plus grand poids de probabilité statistique que les autres.

II. Hydrocarbures aromatiques conjugués. — On devrait s'attendre à voir ces corps présenter un moment nul ou très faible. Or Coulson et Rushbrook ont établi, à l'aide de la méthode des orbitales moléculaires, la possibilité d'un transfert intramoléculaire d'électrons dans les hydrocarbures aromatiques conjugués du type non alternant. Un tel déplacement de charges fait apparaître des défauts ou des excès locaux de charges produisant un moment polaire élevé (à condition toutefois que la molécule ne possède pas de centre de symétrie). Par contre, toutes les charges sont unitaires dans les hydrocarbures dits alternants. On doit donc observer une nette différence dans les moments polaires de ces deux types d'hydrocarbures aromatiques. MM. Berthier et Pullman [3] ont fait l'étude théorique de certains hydrocarbures non saturés et confirment ce point de vue. Nous en avons effectué ici une vérification expérimentale.

A. *Carbures alternants.*

Phénanthrène $\mu = 0$ D.

f_2.	d_{12}.	12.	p_2.
0,0192	0,8867	2,306	0,365
0,028614	0,8912	2,321	0,374
0,040242	0,8974	2,339	0,383
0,048851	0,9008	2,352	0,377

$p_{2\infty} = 0,35$, $R_{MD\,mes.} = 62$, $P_{2\infty} = 62,3$.

B. *Carbures non alternants.*

Acénaphtène $\mu = 0,97$ D.

0,01866	0,8844	2,325	0,471
0,036332	0,8913	2,349	0,443
0,040074	0,8923	2,362	0,46
0,044056	0,8975	2,375	0,44
0,054287	0,8985	2,365	0,43

$p_{2\infty} = 0,445$, $R_{MD\,mes} = 48,55$, $R_{MD\,calc} = 48,61$.

Fluorène $\mu = 0,58$ D.

			$P_2 = Mp_2$.
0,01942	0,8854	2,298	59,7
0,04321	0,8889	2,323	61,9
0,03348	0,8901	2,316	60,7
0,07384	0,9005	2,355	61,8

$P_{2\infty} = 60$, $R_{MD\,mes.} = 52,8$.

(3) *Colloque international sur la polarisation de la matière* (n° 19), Avril 1949 (à paraître).

On pourrait citer beaucoup d'autres carbures non alternants qui vérifient par leur moment polaire la théorie du Starring process ([4]).

Le diagramme moléculaire de l'acénaphtène n'a pas encore été établi. Il serait intéressant à la lumière de ces idées nouvelles d'en entreprendre l'étude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs d'adsorption de l'acétylène et de l'hydrogène sulfuré par le charbon actif.* Note de M. **Jean Perreu**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude de l'adsorption de l'acétylène et de l'acide sulfhydrique par le charbon actif de noix de coco, m'a donné, à 0°C, les résultats ([1]) suivants :

1. Acétylène. — Le gaz employé provient de l'acétylène industriel lavé à l'eau et ensuite dans une solution d'hydrosulfite de sodium pour enlever l'acétone, puis dans une solution acide de sulfate de cuivre dans le but d'éliminer PH_3, AsH_3, SiH_4 et enfin dans une solution de soude qui retient SH_2 et les produits acides. On dessèche l'acétylène sur du Cl_2Ca et du P_2O_5.

Résultats trouvés.

m (mg).	$c.10^4$ (mol/g).	Q_e (cal/g).	Q'_c (cal/mol/g).	p (finale) (cm de mercure).
2,42	0,93	0,95	10,210	0,3
4,03	1,55	1,60	10 320	0,5
7,14	2,75	2,75	10 010	0,6
10,27	3,95	3,63	9 190	0,7
12,00	4,61	4,22	9 150	0,9
12,52	$4,81_5$	4,56	9 480	0,9
13,30	5,05	4,59	9 090	1,1
13,50	5,19	4,65	8 950	1,8
16,35	6,29	5,67	9 010	1,7
17,01	6,54	5,72	8 740	1,6
17,61	6,77	5,87	8 670	1,8
20,92	8,05	7,15	8 880	2,3
21,96	8,44	7,23	8 560	2,5
24,56	9,45	8,13	8 600	2,8
25,40	$9,76_5$	8,40	8 600	3,1
27,21	10,46	8,73	8 340	3,6
29,97	11,53	9,45	8 190	3,4
31,14	11,97	9,90	8 270	3,8
32,20	12,39	10,14	8 180	4,1
37,47	14,41	11,30	7 840	4,9
40,74	15,67	12,10	7 720	5,3
42,05	16,17	12,39	7 660	5,8
45,01	17,31	13,08	7 550	6,4

([4]) H. Lumbroso, *Colloque international sur la polarisation de la matière* (n° 19), Avril 1949. Cf, *Structure du biphényle.*

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1157; 226, 1948, p. 492; 226, 1948, p. 907, 226, 1948, p. 2132; 228, 1949 p, 833; *Bulletin de la Société chimique* (numéro de janvier-février 1949, p. 43).

Les chaleurs différentielles d'adsorption, q_c, obtenues en menant les tangentes du graphique moyen $Q_c = f(c)$, ont les valeurs suivantes :

Conc. ($c.10^4$).	q_c (cal/g).	Conc. ($c.10^4$).	q_c (cal/g).
0	10 000	10	7 150
2	9 000	12	6 690
4	8 500	14	6 250
6	8 330	16	6 170
8	7 570		

Remarques. — Sous une même pression d'équilibre, l'acétylène est plus adsorbé que les autres gaz que j'ai étudiés; en particulier, il est environ 13 fois plus adsorbé que l'éthylène. Au cours de l'adsorption, la chute de pression du gaz libre en contact avec le charbon est considérable.

1. Hydrogène sulfuré. — Le gaz a été préparé pur en décomposant par l'eau froide le sulfure d'aluminium obtenu par aluminothermie (²) et désséché sur Cl_2Ca, puis sur P_2O_5.

Résultats.

m (mg).	$c.10^4$ (mol/g).	Q_c (cal/g).	Q'_c (cal/mol/g).	p finale (cm de mercure).
2,92	0,86	1,80	20 930	0,9
6,05	1,92	3,72	19 370	1,5
9,11	2,68	5,10	19 030	2,1
12,06	3,54	5,65	18 780	2,5
13,46	3,96	7,20	18 180	3,5
14,64	4,30	7,71	17 930	4,1
17,18	5,05	8,85	17 520	4,9
21,52	6,33	10,36	16 370	5,2
25,66	7,69	11,80	15 350	6,4
29,31	8,62	12,89	14 950	7,3
33,50	9,84	13,92	14 150	8,2
39,27	11,54	15,43	13 370	10,9
39,50	11,62	15,51	13 350	11,0
42,63	12,53	16,30	13 010	13,1
47,40	13,93	17,82	12 780	15,3

On trouve pour les chaleurs différentielles q_c, les valeurs ci-dessous.

Conc. ($c.10^4$).	q_c (cal/g).	Conc. ($c.10^4$).	q_c (cal/g).
0	21 000	8	9 870
2	18 120	10	9 750
4	15 670	12	9 100
6	11 900	14	8 670

(²) De Forcrand et Fonzes-Diacon, *Ann. Chim. et Phys.*, [7], 26, 1902, p, 247; Fonzes-Diacon, *Bulletin de la Soc. Chim.*, [1], 1907, p. 36.

Remarques. — Sous une pression donnée, SH_2 est moins adsorbé que C_2H_2, mais il est plus adsorbé que les autres gaz soumis à l'étude.

Pour une même concentration, les chaleurs intégrales Q_c, de l'hydrogène sulfuré sont plus élevées que celles des autres gaz, sauf l'oxygène dilué.

3. CONCLUSIONS. — *a. Les chaleurs d'adsorption de* C_2H_2 *et de* SH_2 *varient, à concentration constante, dans le même sens que les points d'ébullition de ces deux gaz* (— 72°,2 pour le premier et — 61°,7 pour le second).

b. Aux faibles et aux moyennes concentrations, les graphiques $Q_c=f(c)$ des deux gaz C_2H_2 et C_2H_4 se confondent sensiblement; en milieu plus concentré, les chaleurs de l'acétylène sont légèrement supérieures.

L'étude thermique de l'adsorption de ces deux hydrocarbures montre que l'acétylène ne se polymérise pas à 0° C, sur le charbon actif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détection, par analyse plane, de formations instables de la chimie des cobaltihexammines.* Note de Mlle **SUZANNE VEIL**, présentée par M. Charles Mauguin.

Au cours d'une prospection générale des rythmicités de précipitation chez les divers cations métalliques, il convenait de considérer le cas particulier de la dissimulation de cations métalliques au sein de cations complexes. La présente recherche a concerné la précipitation des sels lutéocobaltiques par les ferrocyanures alcalins, précipitation décrite par Ephraïm et Mosimann (¹), puis adoptée par Horan et Eppig (²) pour servir de base à une détermination quantitative de l'anion ferrocyanure. La réaction, soumise à l'analyse plane, a manifesté une polypériodicité suggérant qu'elle comporte plusieurs étapes.

Une goutte de ferrocyanure de potassium est déposée sur une couche de gélatine imprégnée d'un sel lutéocobaltique, chlorure ou nitrate. Dans des conditions appropriées, la figure de précipitation se compose de trois plages successives. Une première phase de transparence rouge cerise, au voisinage de la goutte, est susceptible de se répartir en anneaux fins. Ces premiers anneaux se trouvent bientôt dépassés par d'autres anneaux, de transparence vert clair, beaucoup plus larges et plus diffus. Plus loin encore, des monocristaux rouge brique, relativement volumineux, sont susceptibles de dessiner de gros anneaux, toujours en petit nombre.

Les trois périodicités ne sont simultanément observables qu'autant qu'elles se trouvent bien séparées, sans interpénétration mutuelle. La périodicité vert clair, notamment, cesse d'être perceptible dès qu'elle est envahie par une des deux autres phases, de teinte beaucoup plus soutenue. Elle passe donc inaperçue

(¹) *Ber.*, 54, 1921, p. 396.
(²) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 581.

sur nombre de préparations, et d'une manière générale, les préparations sont peu photographiables.

Les anneaux extérieurs rouge brique semblent correspondre au ferrocyanure de Ephraïm et Mosimann. D'après les présents résultats, la génération de ce sel serait, non pas immédiate, mais précédée de celle de deux autres insolubles moins stables : conclusion qui reste, naturellement, à recouper par les méthodes ordinaires.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Calcul de la variation induite des intégrales coulombiennes dans la théorie des orbites moléculaires.* Note de M. **Alexandre Laforgue**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans l'application de la méthode des orbites moléculaires, le principe de proportionnalité des intégrales coulombiennes α_X aux électronégativités E_X, dû notamment à C.-A. Coulson (1) fixe le paramètre d'un hétéro-atome X

$$x = \alpha_X - \alpha_C = \frac{E_X - E_C}{M}.$$

La constante de proportionnalité peut être déduite (5) de l'évaluation de l'électronégativité E_C et des intégrales coulombiennes α_C et d'échange β_C du carbone (2)

$$M = E_C \frac{\beta_C}{\alpha_C} \neq 1.$$

L'effet inductif permet de prévoir un paramètre pour les atomes de carbone et d'en fixer l'ordre de grandeur (3). Le paramètre choisi de $x/8$ ou $x/10$ pour les seuls voisins d'un hétéro-atome est couramment utilisé pour construire les diagrammes.

Nous l'avons calculé à partir de l'effet de charge utilisé par P. et R. Daudel (4) pour les simples liaisons en le généralisant aux électrons π. L'électronégativité acquise est proportionnelle à la charge apparente due indifféremment aux électrons σ ou π.

$\Delta E = 0{,}33\,Q$ pour les atomes de la première période.

Le calcul est une itération entre la charge et l'électronégativité des atomes. Nous avons montré (5) qu'il était légitime de définir simultanément la charge due aux électrons σ par la méthode de la mésomérie, la charge due aux électrons π par celles des orbites. Nous avons fait voir que par suite, au moins

(1) Lettre à M. Sandorfy de M. C.-A. Coulson.
(2) G. W. Wheland, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 474; *J. A. C. S.*, 63, 1941, p. 2025.
(3) Wheland et Pauling, *J. A. C. S.*, 57, 1935, p. 2086.
(4) *J. Phys.*, VIII, 7, 1946, p. 12.
(5) (À paraître).

dans le cas des molécules alternées, l'approximation linéaire, c'est-à-dire l'usage de polarisabilités constantes, rendait aussi bien compte des charges totales que l'application globale de la méthode des orbites.

Apparemment la seule correction due aux électrons σ sera l'accroissement de l'autopolarisabilité des atomes en raison des liaisons simples qu'ils contractent extérieurement au système conjugué. L'augmentation pour une liaison C-H est de 0,075 environ. Cette correction accentue les différences numériques déjà sensibles des autopolarisabilités des carbones primaires, secondaires, tertiaires. Après correction, les ordres de grandeur sont respectivement 0,7, 0,5, 0,3.

Pour une double liaison isolée, du type cétone, l'ionisation qu'on attendrait sans effet de charge, soit $0,5\,x$, est divisée par un facteur de réduction $R = 1,33$. Le calcul approché pour les autres molécules permet de fixer de même un facteur de réduction globale de l'ionisation.

C=C—C=X	1,33	Pyridine	1,18
C=C—X=C	1,27	Quinoléine	1,20

Il résulte de ce facteur que si l'on veut déduire la constante M des paramètres effectivement utilisés pour accorder au mieux les diagrammes et l'expérience (⁶)

$$M_{\text{exp}} = (E_X - E_C)\frac{\beta_C}{x} \# 1,25$$

on trouve une valeur trop grande qui est précisément

$$M_{\text{exp}} = R_{\text{moy}} M.$$

Une bonne valeur approchée pour les paramètres inductifs sera

$$A_n = -\pi_{Xn}\frac{x}{3R}$$

$\overset{1}{=}\overset{2}{-}\overset{3}{=}\overset{4}{X}$	$A_2 = 0,10x$	$A_4 = 0,07x$
$\overset{1}{=}\overset{2}{-}\overset{3}{X}\overset{4}{=}$	$A_1 = 0,11x$	$A_4 = 0,01x$
Pyridine	$A_{\text{ortho}} = 0,04x$	$A_{\text{para}} = 0,03x$
Quinoléine { atomes contigus	$A_{\text{second}} = 0,06x$	$A_{\text{tert}} = 0,02x$
Quinoléine { atomes éloignés	$A_{\text{para (1^{er} cycle)}} = 0,06x$	

En position paire par rapport à l'hétéro-atome (β, méta...) les paramètres sont toujours négligeables, de même pour les atomes lointains. L'ordre de grandeur de Wheland et Pauling est justifié mais les atomes contigus n'ont pas le même paramètre, les atomes non contigus ont aussi des paramètres, parfois plus élevés.

Ces paramètres permettent l'établissement de diagrammes qui précisent

---

(⁶) Lettre à M. B. Pullmann de M. C. A. Coulson.

essentiellement les charges en position paire. En particulier, ils conservent de l'ancien mode de calcul le signe de la charge en position méta pour la pyridine qui était démontré par l'expérience ([7]).

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude des catalyseurs Fischer par diffraction des rayons* X. Note de M. **Yves Trambouze**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avions mis en évidence, lors d'une précédente Note ([1]), la présence simultanée dans les catalyseurs Fischer au nickel, de trois sortes de composés : l'hydroxyde, l'oxyde et les carbonates basiques de nickel résultant de l'action de l'agent précipitant, puis, après les traitements thermiques d'élaboration, en hydro aluminate et en hydrosilicate de nickel. La nature de ces deux dernières combinaisons nous avait été suggérée par la méthode chimique employée pour les séparer. Dans le présent travail, nous avons cherché à confirmer l'existence de ces substances en utilisant la diffraction des rayons X selon la méthode de Debye-Scherrer avec le rayonnement $K\alpha$ du cuivre.

Nous avons tout d'abord examiné un catalyseur séché à 110° après l'avoir soumis à un traitement ammoniacal dans le but d'éliminer oxyde, hydroxyde et carbonates. Le diagramme obtenu contient quatre raies, généralement assez floues. Aucune d'entre elles ne correspond aux substances que l'on désirait ôter. Parmi les raies observées, deux, très fines, sont identiques à celles obtenues préalablement avec le kieselguhr seul; les deux autres, assez intenses, correspondent aux équidistances : 2,55 et 1,52 Å. Celles-ci se retrouvent dans le diagramme d'un aluminate de nickel, préparé et étudié par Jacqueline Longuet ([2]), ainsi que dans celui que nous avons obtenu avec un composé préparé par nous selon la méthode décrite par cet auteur. D'après nos résultats, les équidistances correspondant aux raies les plus intenses données par cette substance, sont exprimées en unités Ångstrom :

7,70	3,75	2,55	1,50	1,97

Soulignons toutefois que, dans le catalyseur, la raie centrale correspondant à l'équidistance 7,70 Å, très nette dans l'aluminate, et ses ordres supérieurs 3,75 et 1,97 Å sont absentes.

L'influence des traitements thermiques auquel était soumis le catalyseur s'étant révélée extrêmement importante ([3]), il était intéressant de voir quelles modifications allait apporter un chauffage dans l'azote à 450°, température

([7]) R. Daudel, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1241.

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 971.

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 579.

([3]) Trambouze et Perrin, *Comptes rendus*, **228**, 1948, p. 837.

habituelle de réduction. Après 24 heures à cette température, les deux raies caractéristiques de l'aluminate subsistent à 2,50 et 1,49 Å, mais il apparaît, en outre, trois nouvelles raies correspondant aux équidistances suivantes : 2,14, 1,72, 1,29.

Ces raies ne peuvent être imputées à NiO, mais on les rencontre dans un hydrosilicate de nickel préparé et étudié par Jacqueline Longuet ([4]), et pour lequel cet auteur donne les équidistances suivantes :

7,35	4,52	2,65	2,51	**2,16**	**1,72**	1,52	**1,30**

Il faut remarquer que, en dehors des trois raies nouvelles, deux raies du silicate correspondant aux équidistances 2,51 et 1,52 Å sont très voisines des raies caractéristiques de l'aluminate, et peuvent être confondues avec elles; en outre, les raies 4,52 et 3,58 Å sont pratiquement superposées à celles identifiées initialement dans le support. Il paraît donc bien établi qu'à 450°, le silicate de nickel coexiste avec l'aluminate.

L'absence, dans le catalyseur, de la grande équidistance 7,70 Å et de ses ordres supérieurs, observés avec l'aluminate pur, peut s'interpréter de la façon suivante.

Cette raie correspond à une périodicité suivant une direction perpendiculaire au plan 001 de la structure lamellaire que l'on attribue généralement à ces composés. Lorsque l'aluminate est précipité sur support, la périodicité serait perturbée si profondément que l'interférence correspondante et ses ordres supérieurs n'apparaîtraient plus. Il résulterait de la précipitation sur kieselguhr une grande désorganisation se traduisant par l'orientation désordonnée des feuillets élémentaires dont l'empilement formait la périodicité observée. Cette désorganisation pourrait être, en partie, responsable de l'aire considérable des masses de contact.

Enfin, en justifiant notre méthode analytique, ce travail confirme la présence dans les catalyseurs Fischer, d'un hydroaluminate de nickel dont nous avons été les premiers à signaler la présence dans ces masses de contact. Ce composé coexiste avec un hydrosilicate de nickel genre antigorite, qui avait été déjà observé par De Lange et Visser ([5]). Nous nous proposons, dans un prochain travail, de rechercher quel est le rôle spécifique de chacun de ces composés dans la synthèse Fischer, rôle dont l'importance a été mise en évidence dans la précédente Note ([6]).

([4]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 869.

([5]) *De Ingenieur*, **58**, 1946, p. 24.

([6]) TRAMBOUZE et PERRIN, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1015.

ÉLECTROCHIMIE. — *Pont de conductibilité en haute fréquence utilisant des cellules à électrodes externes.* Note (*) de M. **Jean Vergnolle**, présentée par M. Paul Pascal.

Il peut être intéressant, pour l'étude de certaines solutions, d'utiliser des vases à conductibilité dépourvus d'électrodes internes; c'est dans ce but que l'on a monté un pont comportant des cellules à électrodes externes en aluminium; une telle cellule présente aux courants de haute fréquence une impédance de nature complexe, fonction de la fréquence et de la conductibilité du liquide à la fréquence considérée.

On utilise deux cellules, l'une remplie d'une solution témoin, l'autre, de la solution étudiée, reliées en parallèle, par l'intermédiaire des résistances Z_1 et Z_2 à la borne de sortie d'un générateur HF. L'appareil décrit permet de déterminer aisément le rapport entre les deux tensions HF U_1 et U_2 aux bornes des cellules. A cet effet, le courant HF est modulé; un *probe* double, placé au voisinage immédiat des cellules, et dont les éléments ont des constantes de temps convenables, détecte ces deux tensions et transmet les deux tensions BF qui leur sont proportionnelles à chacune des grilles d'une double triode chargée cathodiquement : l'une des résistances de charge est fixe, l'autre, qui lui est égale, est constituée par un potentiomètre; les tensions BF d'entrée étant en phase, les tensions des cathodes leur sont, à chaque instant, proportionnelles, et il existe une position du curseur K telle que $V_{C_1} = V_K$ (dans le cas contraire, il suffit d'inverser les bornes d'entrée) : à ce moment, on peut lire directement sur le potentiomètre le rapport des tensions cherché. Pour repérer cette position, le primaire d'un transformateur BF est branché entre C_1 et K; le secondaire a une extrémité à la masse et l'autre reliée à la borne d'entrée d'un amplificateur détecteur de zéro à œil cathodique.

Il est nécessaire que l'onde porteuse soit modulée sans excès pour éviter les harmoniques et pour admettre sur les grilles des signaux assez faibles pour s'étaler sur des portions rectilignes des caractéristiques dynamiques.

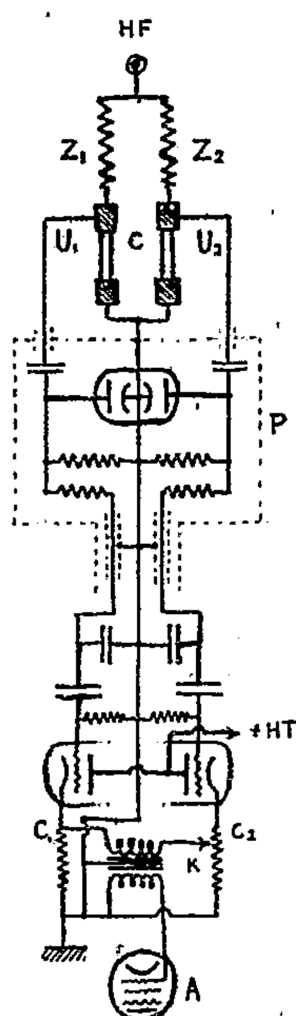
Il est clair que, en HF, les résistances Z_1 et Z_2 ne sont pas des résistances pures; d'autre part, les impédances d'entrée du probe ne sont pas infinies; on ne mesure donc pas, à proprement parler, des conductibilités (actuellement du moins); pourtant, toutes les caractéristiques géométriques et électriques de la partie HF étant fixées, on peut faire des courbes d'étalonnage avec des solutions, en portant les valeurs lues sur le potentiomètre en fonction des concentrations, et obtenir des résultats reproductibles.

Les courbes jointes ont été obtenues avec des cellules de formes variées; on voit que l'on élargit la bande des concentrations admissibles en accroissant la partie réelle de l'impédance des cellules.

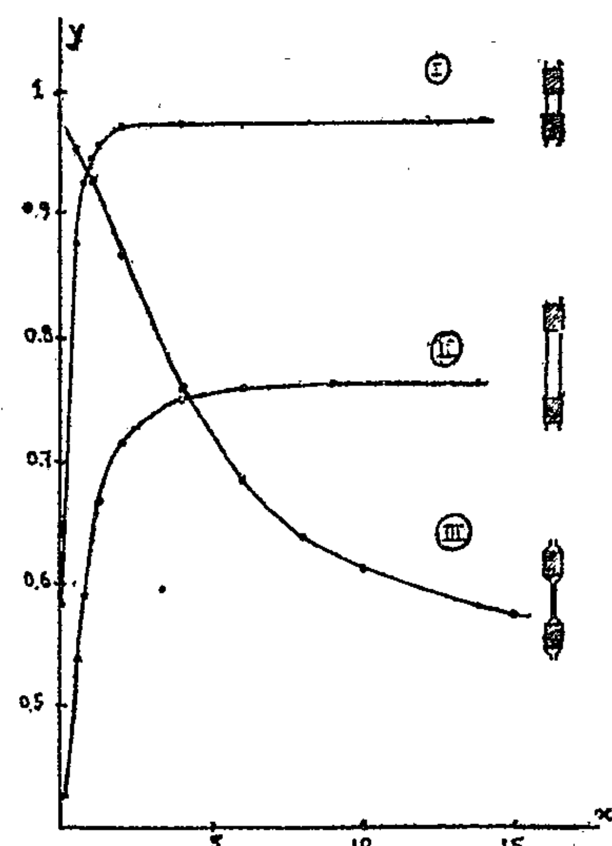
Cet appareil, permettant une sorte de repérage des conductibilités, est tout

(*) Séance du 4 avril 1949.

indiqué pour étudier l'évolution ou le titrage de solutions pour lesquelles le contact direct des électrodes est à proscrire, soit du fait de dépôts précipités



P, probe.
A, ampli.
C, cellules.



y, rapport lu sur le potentiomètre; x, cm³ de KCl saturé ajoutés dans 100 cm³ d'eau.
Courbes I et II. La concentration maxima permettant les mesures augmente quand on éloigne les électrodes.
Courbe III. La cellule est devenue capillaire, la gamme des concentrations est élargie. (Les bornes d'entrée ont dû être inversées, le rapport y l'est donc aussi.)
Erreur absolue sur $y \simeq 6.10^{-4}$.

tenaces, soit à cause du pouvoir catalytique de leur surface. Le volume de liquide mis en jeu est du même ordre que celui qui est exigé par des cellules ordinaires.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxyde* CrO_2.

Note de Mme **Marthe Domine-Berges**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Par un procédé électrolytique déjà signalé (¹), on peut préparer un oxyde de chrome trivalent hydraté à partir de sels divers chromiques verts ou violets.

La composition du précipité en eau, d'ailleurs très variable, ne paraît pas être en relation avec la nature du sel électrolysé.

(¹) Jolibois et Berges, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 318.

Le précipité, vert bleu, est très pur et libre de tous ions étrangers, car il est obtenu dans l'eau distillée. La quantité d'eau liée à Cr_2O_3 s'étage de 29,3 % à 44,8 % suivant les essais. Ce corps, soumis à l'analyse par rayons X, est amorphe.

Ces produits, à l'analyse thermogravimétrique fournissent une courbe ayant pour tous la même allure; elle présente :

1° Une première partie correspondant à une déshydratation rapide débutant presque à température ordinaire;

2° Un palier horizontal entre 320° et 400° environ, très nettement marqué, révélant l'existence d'un composé intermédiaire, lequel se décompose brutalement à 400°;

3° Un palier final correspondant au sesquioxyde Cr_2O_3 vert et cristallisé.

Le produit du palier 320-400° obtenu par trempe est brun noir et ne présente pas de raies sur son spectre de rayons X.

Le passage de ce produit à Cr_2O_3 se fait avec une perte de 9,88, 10,19 et 10,26 % du produit du palier suivant les cas.

Ce pourcentage paraissait correspondre à l'existence, dans cet intervalle de température, du bioxyde CrO_2. C'est ce que nous avons voulu démontrer.

L'apparition du bioxyde résulte d'une oxydation de l'oxyde hydraté qui a lieu en même temps que sa déshydratation.

Ce fait a déjà été signalé par Manchot et Kraus ([2]) puis mentionné ultérieurement par L. et P. Wholer ([3]), et Blanc et Chaudron ([4]).

Nous avons pu obtenir la preuve de ce phénomène au cours des trois séries d'expériences suivantes :

1° Un chauffage en l'absence d'air ne doit plus provoquer l'apparition du bioxyde par oxydation du sesquioxyde hydraté; en effet, si l'on chauffe celui-ci dans le vide P_2O_5 à température croissante jusqu'à poids constant, la courbe tracée par points ne présente plus le palier 320-400, mais une perte de poids continue.

2° Par conséquent, le chauffage dans le vide ne doit produire que de la vapeur d'eau; nous l'avons vérifié en chauffant progressivement, jusqu'à 500°, l'oxyde hydraté dans un appareil où est fait le vide et qui permet : la circulation des gaz dégagés en circuit fermé, la mesure de la pression régnant dans l'appareil et l'extraction des gaz à la fin de l'expérience. Des produits déshydratants absorbent la vapeur d'eau.

Aucune pression n'a été décelée à la fin de l'essai; la perte de poids de la nacelle ne correspondait donc qu'à un départ d'eau.

3° Le produit obtenu sur le palier, dans l'air, et supposé être CrO_2, doit au

---

([2]) *Ber.*, 3, 1906, p. 3512.
([3]) *Z. J. Phys. Chem.*, 62, 1908, p. 440.
([4]) BLANC et CHAUDRON, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 386.

contraire, dans un traitement analogue dégager de l'oxygène, ce que nous avons vérifié en absorbant par le pyrogallate tous les gaz dégagés.

Le pourcentage d'oxygène dégagé est de 9,8 au lieu de 9,52 en théorie,

Nous avons pu ainsi mettre en évidence le phénomène remarquable de la simultanéité de l'oxydation et de la déshydratation du sesquioxyde de chrome hydraté.

Le domaine de stabilité du bioxyde amorphe a été confirmé : 320-400°.

En résumé, nous avons montré :

1° que le sesquioxyde de chrome hydraté s'oxyde à l'air tout en perdant de l'eau aux environs de 300°;

2° qu'il se forme ainsi de l'oxyde CrO_2 pur dont l'existence comme composé défini se trouve ainsi confirmée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la dissociation de l'acide phosphorique et des phosphates d'ammonium*. Note de M. **Haldun N. Terem** et Mlle **Sâman Akalan**, transmise par M. Paul Pascal.

La dissociation thermique de l'acide phosphorique et des phosphates mono et diammoniques a été étudiée à des températures linéairement croissantes et à des températures fixes par la méthode de la balance hydrostatique de M. Guichard (1) et par celle, *continue, de dosage différentiel*, décrite par l'un de nous (2), modifiée pour la circonstance. Les résultats obtenus sont résumés ci-après :

A. *Études à températures linéairement croissantes*. — Les différentes courbes : *mol-eau dégagée, températures* ou *mol-eau ammoniac dégagée, températures*, obtenues pour une ascension de la température de 240° par heure montrent que la formation de l'acide pyrophosphorique à partir de l'acide phosphorique n'est pas nettement représentée et que l'acide métaphosphorique formé par la déshydratation du premier se dégage, à partir de 600°, avec une demi-molécule d'eau (courbe *a* de la figure 1). La dissociation des phosphates mono et diammoniques (courbes *b* et *c* de la figure 1) indique également un départ d'acide métaphosphorique à partir de 600°, mais ce dégagement entraîne non pas une demie, mais une molécule d'eau. Nous en concluons que l'acide métaphosphorique ne doit pas exister à l'état libre, mais sous forme d'hémi ou de monohydrate, selon qu'il est obtenu à partir de l'acide phosphorique ou des phosphates ammoniacaux.

La dissociation des phosphates mono et diammonique montre également que l'ammoniac se dégage à partir de 280° pour le premier et de 120° pour le second, la réaction étant terminée pour les deux cas vers 900°. La dissociation de plus

(1) *Bull. Soc. Chim.*, (3), **37**, 1925, p. 251 et **39**, 1926, p. 113.

(2) H. N. Terem, *Rev. Fac. Sciences Univ. Istanbul*, série A, **2**, 1946, p. 107.

en plus accentuée de l'ammoniac se traduit par des dosages déficitaires et modifie légèrement la courbe dont l'allure probable est indiquée en pointillé (courbes *a* et *b* de la figure 2). Les essais faits dans un courant d'hydrogène améliorent très légèrement, mais nettement, le rendement en ammoniac. Ils mettent aussi en évidence l'action de l'hydrogène sur les phosphates étudiés,

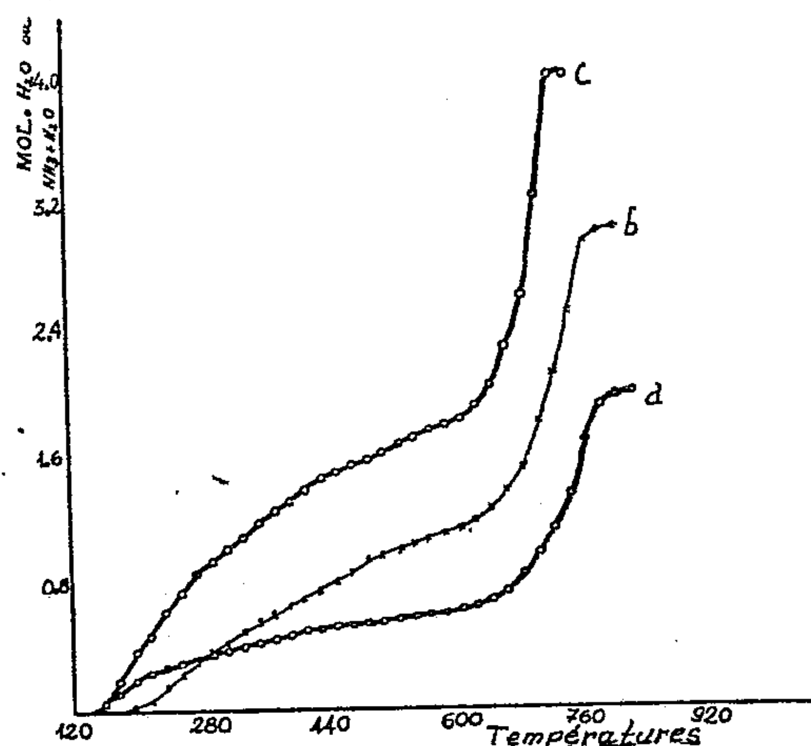


Fig. 1.

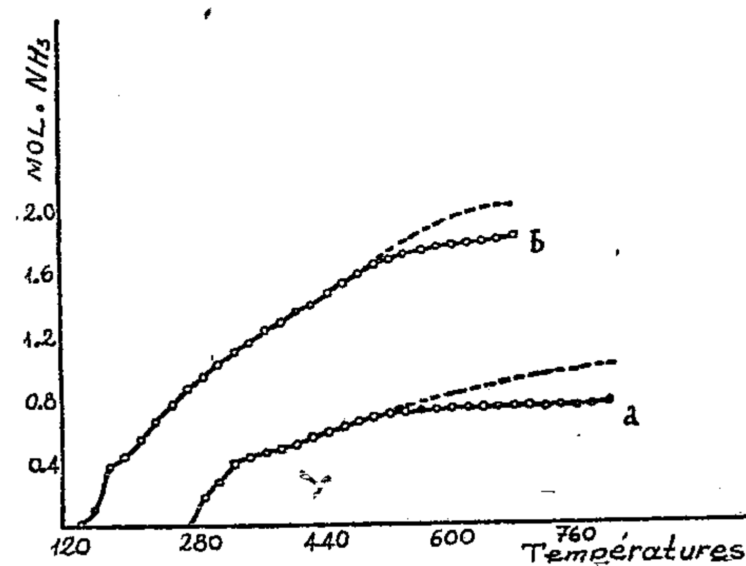


Fig 2.

qui se traduit par un dégagement d'hydrogène phosphoré, très abondant à partir de 600°. La même réaction est également observée avec l'acide phosphorique. La température indiquée étant celle de la formation de l'acide métaphosphorique, nous en concluons que, dans les deux cas, la réduction s'exerce surtout sur ce dernier composé.

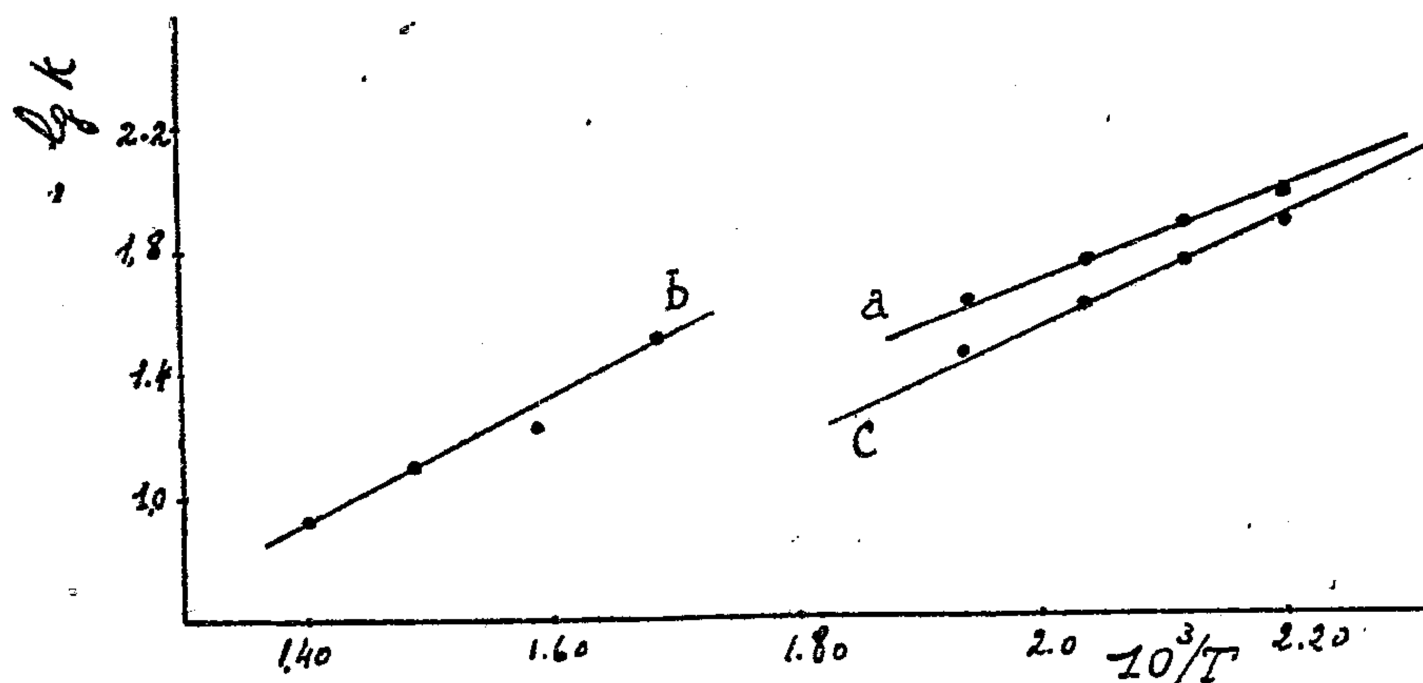
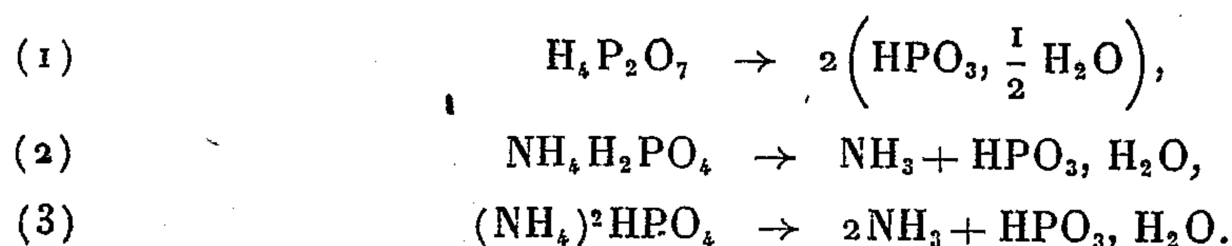


Fig. 3.

B. *Études à températures fixes.* — Les vitesses de dissociation des produits étudiés ont été mesurées entre 180 et 240° pour l'acide phosphorique et le phosphate diammonique et entre 320 et 440° pour le phosphate mono-

ammonique, les températures fixes choisies étant déterminées pour chaque cas par l'allure des courbes précédentes. Les pentes k des droites : *mol-eau dégagée, temps* donnent également des *droites* $-\log k$, $10^3/T$ (T étant la température absolue), la loi d'Arrhenius est donc chaque fois vérifiée d'une façon satisfaisante (droites a à c de la figure 3), ce qui donne respectivement les valeurs 6300, 8000 et 8300^{cal} pour les énergies d'activation des réactions :



(1) $$H_4P_2O_7 \rightarrow 2\left(HPO_3, \frac{1}{2} H_2O\right),$$

(2) $$NH_4H_2PO_4 \rightarrow NH_3 + HPO_3, H_2O,$$

(3) $$(NH_4)^2HPO_4 \rightarrow 2NH_3 + HPO_3, H_2O.$$

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la structure micrographique du laiton α soumis à l'abrasion.* Note M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Albert Portevin.

Le nouveau réactif micrographique décrit antérieurement [1] nous a permis d'étudier les perturbations structurales provoquées par les abrasifs sur le laiton α recuit. L'examen porte : *a.* sur les surfaces elles-mêmes, dont on dissout électrolytiquement, en milieu acide phosphorique-alcool éthylique, des couches successives mesurant chacune $0^{\mu},7$ d'épaisseur environ : *b.* sur les sections obliques après enrobage de la surface dans un dépôt cathodique de cuivre.

Les principaux résultats, dont le détail sera publié ailleurs peuvent se résumer comme il suit :

1° La déformation plastique s'étend sous la surface jusqu'à une profondeur fonction de l'abrasif (20 à 100^{μ} avec les papiers d'émeri métallographiques n° 00 à n° 2, supérieure à $0^{mm},5$ par abrasion sur une lime douce).

2° La couche perturbée présente trois régions :

a. La plus superficielle, d'épaisseur comprise entre 0,7 et 2^{μ}, montre une structure homogène, tout juste résolue au grossissement 2000, et qui consiste en quelques couches d'un réseau à maille très fine (de l'ordre de $0^{\mu},5$). La nature de cette structure sera discutée ultérieurement ;

b. La zone sous-jacente s'étend entre 1 et 12^{μ} et est caractérisée par une hétérogénéité très marquée. Sa structure comporte, en effet, des microbandes de déformation rassemblées dans des domaines perpendiculaires à la surface. Ces domaines, dont la largeur très variable tend à diminuer à mesure qu'ils s'éloignent de la surface, sont séparés par des régions où les cristaux contiennent des stries très marquées, orientées généralement selon trois systèmes à 60° ;

c. Au delà de la zone précédente, tous les cristaux sont striés de lignes parallèles, d'abord très serrées, puis s'espaçant progressivement. A sa limite inférieure, cette couche

(1) P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1027.

montre fréquemment une structure non encore décrite. Beaucoup de cristaux contiennent 2, 3 ou même 4 groupes de bandes orientées, très larges, d'aspect analogue à des macles, rendues visibles par des contrastes de teintes en lumière normale ou polarisée. Ces bandes, que nous appellerons *bandes de déformation latentes*, sont délimitées de chaque côté par une strie plus ou moins continue, et les régions du cristal où elles se croisent sont plus fortement contrastées.

3° Les stries orientées, déjà observées par divers expérimentateurs ([2]) dans certaines circonstances favorables correspondent à des familles de plans (III), comme le prouvent leurs orientations relatives et la direction des lignes de glissement sur la surface de l'éprouvette légèrement déformée par pliage.

4° L'exploration minutieuse aux grossissements élevés des cristaux striés montre plusieurs phénomène intéressants :

a. Les stries présentent des renforcements locaux indiquant la non-homogénéité de la déformation plastique.

b. Une hétérogénéité du même ordre s'observe parfois sur les joints de grains et de macles : ils s'attaquent plus fortement en certains points, sur de très petites distances (1 à 2$^{\mu}$), et chacune de ces localisations correspond à l'impact d'une ou plusieurs stries du même cristal ou des deux cristaux adjacents.

c. Un cristal contient d'autant moins de stries qu'il est plus éloigné de la surface, mais le nombre d'orientations reste constant, c'est-à-dire qu'à l'échelle du microscope la différence structurale essentielle entre une faible et une forte déformation est, non pas le nombre de familles de plans (III) intéressés, mais la quantité de glissements visibles appartenant à chaque famille. A la limite, c'est-à-dire pour les déformations les plus minimes, seules subsistent quelques stries d'orientation variée et ce sont elles qui délimitent les *bandes latentes*. La détection de ces bandes par attaque anodique dans l'hyposulfite de sodium est peut-être une manifestation chimique des tensions internes, conséquence de l'hétérogénéité de la déformation plastique.

5° Les microbandes de déformation caractéristiques de la couche s'étendant depuis 0,5-1,5 jusqu'à 10-15$^{\mu}$ sous la surface sont d'abord fortement courbées et deviennent rectilignes plus loin à l'intérieur. La forme courbe est associée à des glissements multiples selon plusieurs familles (III) et la seconde également à des glissements très nombreux mais limités à un seul système (III). La transition progressive s'observe bien en examinant la structure au fond et sur les bords d'une rayure d'abrasion profonde.

Tous ces résultats obtenus dans le cas particulier de l'abrasion pourront sans doute être généralisés aux autres modes de déformation à froid de la solution solide cuivre-zinc.

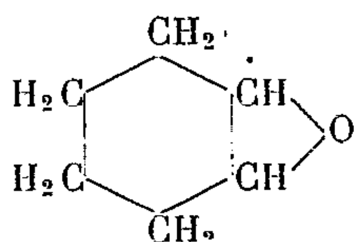
([2]) A. Portevin, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 523 et *Journ. Inst. Metals*, 35, 1926, p. 258; D. Mc Lean, *Journ. Inst. Metals*, oct. 1947, p. 95.

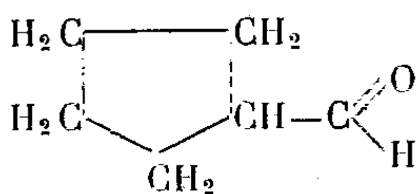
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau cas de rétrogradation du cycle en C_6 au cycle en C_5 à l'aide de l'éthérate de bromure de magnésium et des organo-magnésiens.* Note (*) de M. **Pierre Bédos**, présentée par M. Marcel Delépine.

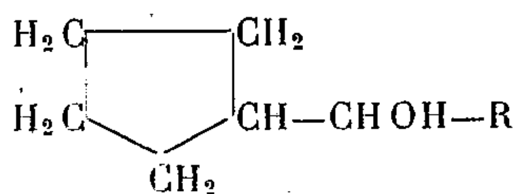
Nous avons signalé récemment [1] un cas de décomposition massive de l'iodure de méthyl-magnésium et du bromure d'éthyl-magnésium par l'éthérate de bromure de magnésium, et nous avons envisagé la possibilité de la formation transitoire d'un sous-halogénure de magnésium X_2Mg_2 et de radicaux divalents, méthylène $=CH_2$ dans le premier cas, éthylidène $=CH-CH_3$ dans le deuxième.

Il nous a paru intéressant de réaliser cette décomposition en utilisant comme support de l'organo-magnésien ou du bromure de magnésium un corps capable de se condenser avec les produits engendrés. L'action de chacun de ces réactifs magnésiens sur l'oxyde de cyclohexène étant déjà bien connue, nous l'avons choisi pour nos premiers essais.

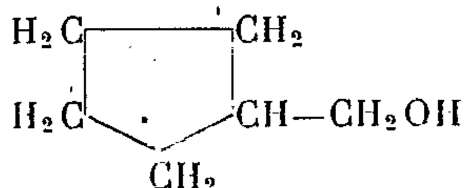
Rappelons brièvement que cet époxyde, traité par l'éthérate de Br_2Mg, est transformé en aldéhyde cyclopentanique, si l'on chasse l'éther du complexe magnésien avant de le décomposer par l'eau [2], et que, si l'on remplace l'éthérate de Br_2Mg par un organo-magnésien, on obtient un alcoyl-cyclopentyl-carbinol [3] :

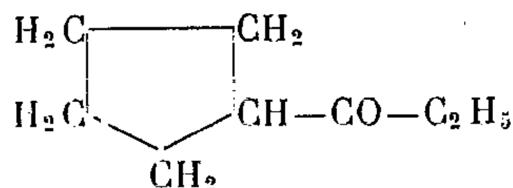






Si l'on fait réagir dans des conditions semblables l'éthérate de Br_2Mg et le bromure d'éthyl-magnésium en proportions convenables sur l'oxyde de cyclohexène, on observe encore la rétrogradation du cycle en C_6 au cycle en C_5, mais on obtient un mélange de cyclopentyl-carbinol et d'éthyl-cyclopentyl-cétone (semicarbazone F. 134°), avec un rendement atteignant 55 % du poids d'époxyde mis en œuvre :





Avec le bromure de méthyl-magnésium et l'éthérate de Br_2Mg, la formation

(*) Séance du 4 avril 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1133.

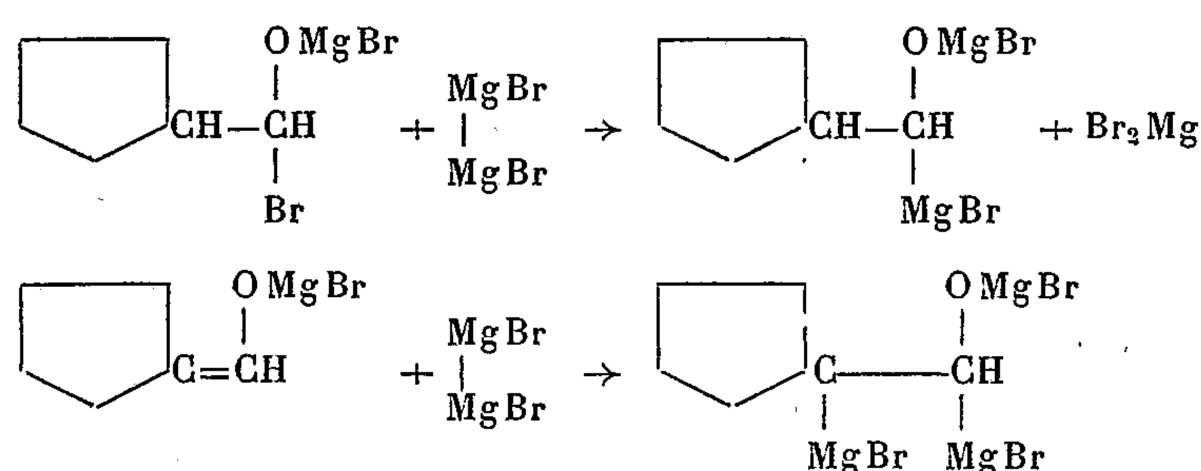
(2) Bédos, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 255.

(3) Vavon et Mitchovitch, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 702; Godchot, Bédos et Mlle Cauquil, *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 521.

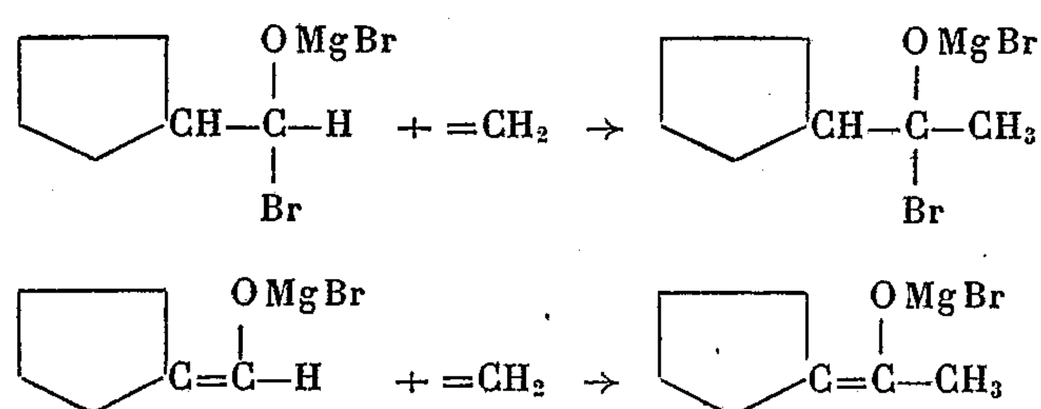
du cyclopentyl-carbinol, encore très nette, est toutefois moins régulière, mais on obtient assez facilement la méthyl-cyclopentyl-cétone (semicarbazone F. 147-148°) avec un rendement de 20 à 25 % du poids d'époxyde.

Une formation semblable d'alcools primaires et de cétones dans la condensation des organo-magnésiens avec les aldéhydes a été signalée et étudiée d'abord par J. Marshall ([4]), ensuite par Meisenheimer ([5]), Terentiew ([6]), Shankland et Gomberg ([7]). Toutefois, la réaction que nous signalons paraît assez différente, car elle semble bien nécessiter l'intervention de l'éthérate de Br_2Mg et, en outre, l'aldéhyde cyclopentanique, générateur probable du cyclopentyl-carbinol et des alcoyl-cyclopentyl-cétones, ne se trouve pas à l'état libre au cours de la réaction.

La réduction de l'aldéhyde cyclopentanique en cyclopentyl-carbinol peut s'expliquer par l'action du sous-bromure de magnésium, soit sur le produit d'addition de Br_2Mg à son groupement fonctionnel, soit sur son énolate bromo-magnésien :



Les alcoyl-cyclopentyl-cétones doivent prendre naissance probablement à partir du même dérivé bromo-magnésien; une interprétation simple et assez vraisemblable consisterait à admettre sa condensation avec des radicaux méthylène $=CH_2$ ou éthylidène $=CH-CH_3$ provenant de la décomposition de l'organo-magnésien :



([4]) *J. Chem. Soc.*, **105**, 1914, p. 527; **107**, 1915, p. 509; **127**, 1925, p. 2184.

([5]) *Annalen der Chemie*, **442**, 1925, p. 180; **446**, 1926, p. 76.

([6]) *Zeits. anorg. Chem.*, **159**, 1927, p. 226.

([7]) *Am. Chem. Soc.*, **52**, 1930, p. 4973.

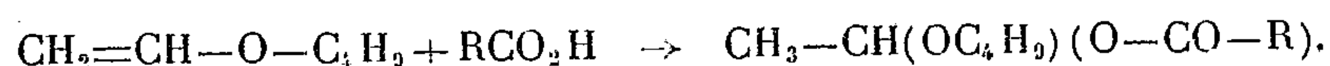
Des expériences en cours nous apporteront peut-être une confirmation de cette hypothèse.

Cette interprétation de la formation d'alcoyl-cyclopentyl-cétones ferait apparaître cette réaction comme assez comparable à la méthylation des aldéhydes par le diazométhane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du butoxyéthylène avec les acides aliphatiques. Préparation d'esters de semi-acétal.* Note (*) de M. et Mme **Émile Levas**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant nos recherches sur les propriétés des éthers vinyliques [1], nous avons étudié la condensation du *n*-butoxyéthylène avec les premiers termes des acides aliphatiques.

Cette étude nous a permis de trouver un mode de préparation pratique, et donnant de bons rendements, d'esters de semi-acétal, composés très peu connus jusqu'ici :



$$CH_2{=}CH{-}O{-}C_4H_9 + RCO_2H \rightarrow CH_3{-}CH(OC_4H_9)(O{-}CO{-}R).$$

Il y a une assez grande différence de comportement entre l'acide formique et ses homologues supérieurs qui ont des constantes d'acidité beaucoup plus faibles : l'acide formique réagit facilement en l'absence de catalyseur; par contre, les acides acétique, propionique et *n*-butyrique ne s'additionnent à l'éther vinyle-butyle que très lentement dans les même conditions. *Pour ces derniers, nous avons trouvé que de petites quantités de* PO_4H_3 *permettent d'accroître la vitesse de réaction; cette vitesse croît d'ailleurs avec la masse de catalyseur utilisée, tant que la concentration en* PO_4H_3 *n'atteint pas un seuil au delà duquel le rendement en ester reste sensiblement constant.*

Remarque. — Le butoxyéthylène préparé selon Reppe renferme de l'alcool butylique qu'il est ici nécessaire d'éliminer complètement : en effet, PO_4H_3 catalyserait l'addition de cet alcool sur une partie de l'éther vinylique avec formation d'acétal dibutylique difficilement séparable des esters de semi-acétal, en particulier dans le cas des acides acétique et propionique (points d'ébulition voisins). Plusieurs rectifications ne suffisent pas : du butoxyéthylène rectifié trois fois à la colonne Robert ne donna avec CH_3CO_2H qu'un ester à 91 % de pureté. Par contre, la distillation de l'éther vinylique en présence d'un peu de PO_4H_3 (10^{mg} pour 200^{cm^3}) donne un produit pur permettant l'obtention d'esters ayant d'emblée des puretés de 97-99 % (l'alcool que contient le butoxyéthylène se transforme en acétal dibutylique facilement séparable par distillation).

Mode opératoire. — *a.* Cas des acides acétique, propionique et butyrique.

(*) Séance du 25 avril 1949.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 100.

A 0,1 mol/g d'acide ayant éventuellement dissous le catalyseur, on ajoute en une seule fois 0,06 mol/g d'éther vinylique. Après repos un certain temps à la température ordinaire, on agite avec 30^{cm^3} de CO_3K_2 à 40 %, on décante rapidement, on sèche sur Cl_2Ca, et l'on distille sous pression réduite.

b. Cas de l'acide formique : si l'on additionne l'éther à l'acide, le rendement en ester est faible car il se forme surtout des produits supérieurs. Par contre, on obtient de bons rendements en ajoutant goutte à goutte l'acide à l'éther.

Le tableau suivant résume les résultats de nos essais.

	PO_4H_3 à 85 % en mg.	Temps de réaction	Rend. (%) en ester par rapport à l'éther vinylique.	Éther inaltéré récupéré à la distillation (%).
HCO_2H (2)	0	30^{min}	66	0
	0	30^{min}	22,4	0
CH_3CO_2H	0	1^h30	38,3	42
	0	3^h	52	32
	2,6	1^h30	52	29
	3,7	»	68,7	20
	5,4	»	71,4	14
	8,9	»	77,5	7
	35,3	»	82,5	0
	51,1	»	83,7	0
	71,2	»	83,5	0
$C_2H_5CO_2H$	0	»	7	82
	14,8	»	62	26
	44,4	»	86,5	0
$n-C_3H_7CO_2H$	0	»	traces	81
	44,7	»	84,6	0
	65,8	»	85,2	0

Caractéristiques des esters de semi-acétal $CH_3-CH(OC_4H_9)(O-CO-R)$. — Ce sont des liquides d'odeur agréable, s'hydrolysant lentement par l'eau avec formation d'éthanal et d'acide que l'on peut titrer par NaOH en présence de phénolphtaléine. L'hydrolyse est d'autant plus difficile que la masse moléculaire est plus élevée.

R.	$É_{13}$ (°C).	n_D^{20}.	d_4^{20}.	R. M. théor.	R. M. trouvée.	Acide libéré par hydrolyse d'une mol. d'ester.
H	49-49,5	1,4014	0,9361	37,82	37,92	0,98 mol.
CH_3	59	1,4024	0,9195	42,44	42,41	0,99
C_2H_5	70,5-72,5	1,4065	0,9094	47,06	47,06	0,97
$n-C_3H_7$	83,5-84,5	1,4110	0,9024	51,68	51,75	0,97

(2) Dans le premier essai, addition de l'acide formique à l'éther vinylique; dans le deuxième, addition de l'éther à l'acide.

GÉOLOGIE. — *De l'émersion du Massif Vosgien au Bajocien supérieur.* Note de M. **Pierre L. Maubeuge**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Une Note ancienne de Fliche et Bleicher ne semble pas avoir retenu l'attention des géologues comme elle le méritait. Les auteurs signalent et décrivent en effet une flore continentale dans le Bajocien supérieur lorrain; à mon avis, cette flore ne peut impliquer à son origine qu'une émersion contemporaine du Massif Vosgien.

J'ai retrouvé le gisement primitif de ces deux auteurs, parfaitement exposé grâce aux tranchées de l'autostrade de contournement de Nancy. Il se situe au sommet du *Bâlin* (*Oolithe miliaire inférieure*), portant l'oolithe terreuse de la zone à *Clypeus Ploti* et *Parkinsonia Parkinsoni*. Plusieurs niveaux d'émersion successifs ont suivi ce dépôt : surfaces d'usures taraudées couvertes d'Huîtres et de Bryozoaires non usés, niveaux de galets taraudés de grande taille.

L'affleurement se trouve contre la route de Toul, aux *Fonds de Toul*, à l'ouest de Nancy. Les mêmes couches se voient encore tout près de là dans la carrière abandonnée explorée par Bleicher.

Comme l'a démontré Bleicher, ce niveau à plantes est sporadique, n'existant plus tout près de là dans de nombreuses carrières ouvertes au même niveau. Par contre, dans ces carrières, j'ai trouvé en plusieurs points de gros fruits, des *Cycadeospermum*, à la base de l'horizon à *Clypeus Ploti* et *Parkinsonia Parkinsoni*. De plus, à la base de ce dernier horizon, aux carrières Solvay, à Maxéville, j'ai récolté des restes d'un Dinosaurien sauropode de grande taille.

Plus vers l'Ouest, en bordure de la Moselle, à Aingeray, j'ai retrouvé un niveau équivalent à celui de l'autostrade; il montre aussi des grès calcaires à plantes continentales peu déterminables. Ce grès à plantes avait été signalé un peu plus au Nord, au fort de Frouard, par Bleicher.

Les tranchées de l'autostrade m'ont montré, en plus du grès calcaire ferrugineux, la présence de lentilles de sable quartzeux ferrugineux grossier, au même niveau.

La flore du gisement est malheureusement difficile à étudier : sur plus d'un millier d'échantillons, je n'ai trouvé, outre de nombreux Bois inutilisables, qu'une dizaine d'exemplaires déterminables. J'ai pu y reconnaître, en partie aidé par M. le Professeur T. M. Harris :

Cycadeospermum Sp., *Cyc. Harrisi* n. sp., *Baiera* sp., *Gingkoites* sp., *Brachyphyllum mamillare* Brg (*Araucarites Phillipsi* Carr.), *Czenakowskia* sp., *Pinus*? sp., Bois indéterminables.

Il faut convenir que les déterminations de Fliche sont parfois un peu hasardées sur d'aussi mauvais matériaux que ceux de Bleicher (que j'ai revus). Ceci justifie les remarques de Seward à ce propos.

Avec ces plantes, j'ai trouvé de rares Lamellibranches exclusivement marins.

Outre l'intérêt paléobotanique de ce gisement, il me paraît démontré par les différents faits précités que le Massif Vosgien était exondé au début du Bajocien supérieur (Héméra *Parkinsoni*).

Les apports continentaux constatés, importants, mais sporadiques, ne peuvent s'expliquer dans le cadre de la géologie régionale que par des influences terrestres orientales et non septentrionales.

Ces faits se placent parfaitement dans une synthèse paléogéographique, à paraître ultérieurement, où je démontre la persistance d'une terre et de hauts-fonds pendant tout le Jurassique à l'emplacement des Vosges. Cette persistance va de pair avec celle du Massif Ardennes-Hunsrück, coupé en deux par un détroit ouvert au moins à certaines époques du Jurassique inférieur.

L'exondaison du Massif Vosgien au Jurassique explique de nombreuses données stratigraphiques et paléontologiques, jamais intégrées jusqu'ici dans une synthèse paléogéographique du Jurassique de l'Est de la France.

Le gisement des Dinosauriens de Damparis, du Séquanien, qui a embarrassé plusieurs géologues, trouve là, avec le bone-bed du Toarcien inférieur nancéien, que j'ai découvert, une explication naturelle. Ce ne sont que deux exemples parmi de nombreux autres.

Je ne fais d'ailleurs que revenir là à une idée ancienne de A. de Lapparent (¹); toutefois cet auteur n'avait pu étayer son hypothèse par des preuves aussi multiples que celles qui sont, à l'heure actuelle, rassemblées.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de* Cleistopora geometrica *M. E. et H. dans la Saoura* (*Sud-Oranais*), par Mlle **Dorothée Le Maitre**, transmise par M. Gaston Delépine.

En 1851, Milne Edwards et Haime décrivaient sous le nom de *Michelinia geometrica* de petits polypiers trouvés dans le Dévonien inférieur de Viré et Loué (Sarthe). Nicholson s'aperçut que la structure de ces polypiers n'était pas celle de *Michelinia*, mais d'un genre nouveau qu'il nomma *Cleistopora* (¹). Depuis lors, ces organismes n'avaient jamais été signalés ailleurs (²).

Au cours d'une mission dans le Sud-Oranais, j'ai recueilli des colonies de ce polypier à un niveau stratigraphique bien daté :

(¹) *Voir*, comme bibliographie sommaire : A. de Lapparent, *B. S. F. G.*, 1897, p. 6-29; *ibid.*, 1897, p. 727-730. Fliche et Bleicher, *Bull. Soc. Sc. Nancy*, 1881-82, p. 54-101; R. Abrard, *Bull. Mus. Hist. Nat.*, (2), 19, n° 6, 1947, p. 471-474.

(¹) *Geol. Mag.*, 5, 1888, p. 151.

(²) Les *Cleistopora*, cités par Menchikoff et Nicklès (*Bull. Serv. Mines de l'A. O. F.*, n° 6, 1942, p. 61) sont des *Michelinia* et non des *Cleistopora*.

1° A l'extrémité Sud-Est de l'Erg Djemel, aux environs d'El Kseib, dans des grès calcarifères lie de vin, très fossilifères, contenant notamment : *Sp. bischofi* A. Roem., *Dianopophysia papilio* Kr., indiquant la base du Coblencien (Siegenien inférieur des régions ardennaise et rhénane).

2° Le long de la piste Ougarta-Beni Abbès, au nord de l'Oued Ali. Les formations dévoniennes qui reposent sur le Gotlandien, débutent là par des grès feuilletés, puis massifs, ferrugineux, alternant avec des bancs de calcaire ferrugineux. L'un de ces bancs pétri de débris d'organismes : polypiers, bryozoaires, orthocères, trilobites (plèvres et joues libres d'*Homalonotus* et autres genres) contient de petites colonies de *Cleistopora geometrica*. A cette assise fossilifère succède une série d'autres bancs de grès et calcaires : l'un d'eux m'a livré *Sp. trigeri* Vern. Le banc à *Cleistopora* appartient donc, comme à El Kseib, au Siegenien inférieur.

Dans la Saoura, comme sans doute dans le Massif armoricain, *Cleistopora geometrica* se trouve dans le Coblencien inférieur.

Les observations que j'ai pu faire sur les colonies recueillies dans la Saoura, jointes à celles de L. B. Smyth ([3]) sur des spécimens de Viré, permettent d'établir, comme il suit, les caractères de ce genre et espèce :

Petit polypier discoïde, circulaire, dont le diamètre varie de 15 à 30^{mm}. La face inférieure, plane ou légèrement concave, est libre ou non de toute adhérence, souvent fixée sur un brachiopode ou un lamellibranche de petite taille qu'elle déborde largement; elle est munie d'une épithèque à rides concentriques. La face supérieure, plane ou convexe, porte des polypiérites de même taille (6^{mm} de diamètre maximum), à forme hexagonale très régulière. Ces polypiérites peu profonds (l'épaisseur de la colonie au centre est de quelques millimètres) sont remplis aux trois quarts par un tissu spongieux, grossièrement réticulé qui apparaît au fond des calices. De très fins planchers, ou trabécules, se trouvent entre les mailles du tissu réticulé. Dans les colonies bien conservées, 28 rides septales qui vont se perdre dans le tissu réticulé, sont visibles sur les bords des calices.

A première vue, *Cleistopora geometrica* M. E. et H. peut être confondu avec les genres *Pleurodictyum*, *Michelinia* et avec le genre *Vaughania*. Vaughan attribua au genre *Cleistopora* des polypiers caractéristiques de sa zone K 2 du Carbonifère inférieur anglais. Il s'agissait en réalité de polypiers du genre *Vaughania* créé par Garwood, étudié ensuite par L. B. Smyth, représenté effectivement dans tout le Tournaisien par *Vaughania vetus* Sm. ([4]).

Ainsi le genre *Cleistopora*, trouvé d'abord à l'extrémité orientale du Massif armoricain se retrouve au Sahara, représenté par la même et seule espèce connue jusqu'à présent, *Cleistopora geometrica*, à un niveau bien daté : *Coblen-*

([3]) *Scient. Proceed. Roy. Dublin Soc.*, 1927, p. 423; *ibid.*, 1932, p. 168.

([4]) Garwood, *Quart. Journ. Geol. Soc.*, 68, 1912, p. 564.

cien inférieur. Il est probable qu'il existe en d'autres points où des conditions de sédimentation semblables ont pu favoriser son développement, aussi bien en Europe qu'en Afrique.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Gentianacées. Développement de l'embryon chez l'*Erythræa Centaurium *Pers.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Chez l'*Erythræa Centaurium*, les lois du développement de l'embryon sont les mêmes que celles qui président à l'édification du sporophyte chez le *Gentiana asclepiadea* L. (1), bien que ces espèces n'appartiennent pas à un même groupe, mais, respectivement, aux Erythréinées et aux Gentianinées, qui sont deux subdivisions de la tribu des Gentianées. Dans les deux cas, le sporophyte appartient à la deuxième période de la classification embryogénique; il correspond au mégarchétype V, dans le 11e groupe de la série C′ et se situe ainsi dans la famille embryogénique qui admet comme chef de file l'archétype de l'*Armeria plantaginea* Willd.. Rappelons que les Gentianacées s'opposent ainsi de façon fort nette à la famille des Ményanthacées, où l'embryon du *Menyanthes trifoliata* L. se rattache, dans la première période de la classification embryogénique, au type embryonomique du *Senecio vulgaris* (2) et (3).

Chez l'*E. Centaurium*, l'embryon proprement dit est entièrement issu de la cellule apicale *ca* du proembryon bicellulaire dont la cellule basale *cb* fournit seulement deux éléments qui constituent la base du suspenseur. A partir de *ca*, il s'édifie une tétrade *seconde* linéaire (*fig.* 6). L'étage supérieur *ce* donne naissance à la partie cotylée : c'est quand il comprend seize cellules que les cotylédons commencent à se différencier; les éléments sous-épidermiques situés à la périphérie s'allongent, puis se cloisonnent transversalement; l'élément intermédiaire se divise à son tour horizontalement; quant aux quatre éléments circumaxiaux, qui se sont différenciés à un stade précoce de la vie proembryonnaire, ils constituent les initiales de l'écorce au sommet de la tige (*fig.* 18). L'étage sous-jacent *cf* est l'origine de la partie hypocotylée dans laquelle, après séparation du dermatogène (*fig.* 9), s'individualisent les initiales de l'écorce au sommet radiculaire, par cloisonnement transversal des quatre cellules groupées autour de l'axe (*fig.* 11). A partir de l'étage intermédiaire *m*, s'édifient les parties latérales de la coiffe. L'étage *ci* entre, direc-

(1) P. Crété, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 768.

(2) R. Souèges, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 488.

(3) R. Souèges, *Embryogénie et classification* (3e fasc., partie spéciale : 1re période du système, Paris, 1948.)

tement ou, plus rarement, après avoir subi une division transversale, dans la constitution de la portion supérieure du suspenseur.

Entre les embryogénies de l'*E. Centaurium* et du *G. asclepiadea*, la divergence la plus importante réside dans le fait suivant : chez la Petite Centaurée, l'étage *m* donne naissance aux parties latérales de la coiffe; ce sont les cellules-filles supérieures, résultant de son cloisonnement transversal, qui sont calyptrogènes chez le *G. asclepiadea*. D'autre part, la cellule basale fournit deux étages de deux cellules chez les *Erythræa*, deux étages de quatre cellules chez les *Gentiana*. Les lois du développement que je viens de rappeler sont en tous points comparables à celles qui ont été établies au sujet des Solanacées, si l'on

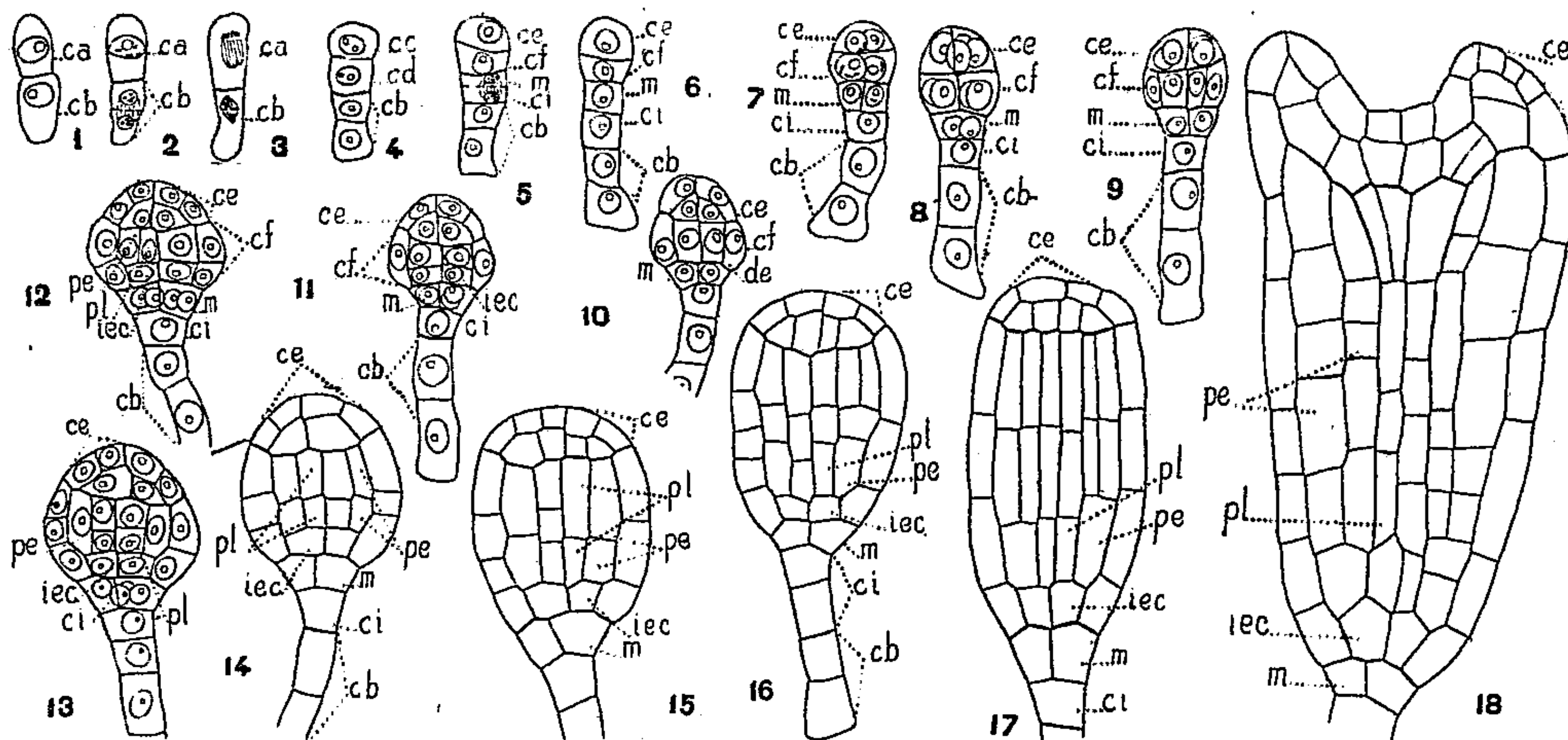


Fig. 1 à 18. — *Erythræa Centaurium* Pers. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca* *ce* et *cf*, cellules-filles de *cc* ou les deux éléments supérieurs de la tétrade seconde; *m* et *ci*, cellules filles de *cd* ou les deux éléments inférieurs de la tétrade seconde; *de*, dermatogène; *pe*, périblème *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 340.

fait abstraction, chez les Gentianacées, de la cellule basale qui n'intervient en aucune façon dans l'édification de l'embryon : il y a concordance parfaite, dans les deux périodes, entre les embryons du type *Hyoscyamus*, appartenant au troisième groupe, et les embryons des Gentianacées, appartenant au onzième groupe embryogénique. Il est également intéressant de constater avec quelle précocité se différencient les divers histogènes aux différentes étapes de la vie proembryonnaire et combien restreint est encore le nombre des cellules du sporophyte quand apparaissent les protubérances cotylédonaires. La rapidité des segmentations, les conditions remarquables de symétrie dans lesquelles elles se produisent, permettent de ranger l'*E. Centaurium* parmi les espèces les plus démonstratives qui aient été étudiées à ce jour du point de vue embryogénique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la constitution chimique de l'asiaticoside et notamment de l'acide asiatique.* Note de Mme **Judith Polonsky**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'asiaticoside est une substance cristallisée isolée de *Centella asiatica* Urban et utilisée à Madagascar contre la lèpre. Dans deux communications antérieures (1), il a été montré que l'aglycone de l'asiaticoside, appelé *acide asiatique*, est un acide triterpénique de formule brute $C_{30}H_{48}O_5$. La poursuite de l'étude de la constitution chimique de l'acide asiatique nous a conduite aux résultats suivants :

I. *L'acide asiatique* provenant de l'hydrolyse acide (SO_4H_2 à 5 %) de l'asiaticoside se présente généralement à l'état cristallisé. Soigneusement lavé à l'eau chaude, il fond à 300-305° (2) après s'être sublimé en fines aiguilles à partir de 240°. La moindre trace d'acide sulfurique empêche la sublimation et abaisse son point de fusion. On peut le sublimer sous $0^{mm},1$ à 230-260° (temp. du bain).

II. *L'ester méthylique* de l'acide asiatique distille sous vide sans décomposition. Il peut, suivant le solvant employé pour sa recristallisation, se comporter différemment quant à son point de fusion. Après cristallisation dans *l'alcool éthylique*, on observe une fusion complète à 160-170°, recristallisation vers 180° et nouvelle fusion vers 225°. L'hypothèse d'un produit contenant un solvant de cristallisation est à écarter, car le produit déjà chauffé à 220° et refroidi présente à nouveau le même phénomène de double point de fusion. Après cristallisation dans *l'alcool méthylique* ou le benzène, on observe une fusion à 225° sans qu'il y ait une fusion manifeste vers 170°. Il est d'ailleurs possible, par plusieurs recristallisations successives dans l'un de ces solvants, de passer d'une *variété* à l'autre. L'ester F 170°, obtenu par chauffage de l'ester F 225° avec HCl 15 % que nous avons décrit antérieurement (1), n'est rien d'autre que la première forme mentionnée ci-dessus.

III. *Groupes hydroxyles.* — Dans les Notes précitées, il a été établi par dosage de Zerevetinoff sur l'ester méthylique de l'acide asiatique que celui-ci est un acide trihydroxylé (I), dont deux des hydroxyles forment une fonction 1.2 glycol. Nous avons pu préciser ces résultats par dosage de la fonction glycol au moyen de l'acide periodique et par la préparation d'un diacétate et d'un triacétate.

a. Action de l'acide periodique. — L'ester méthylique de l'acide asiatique

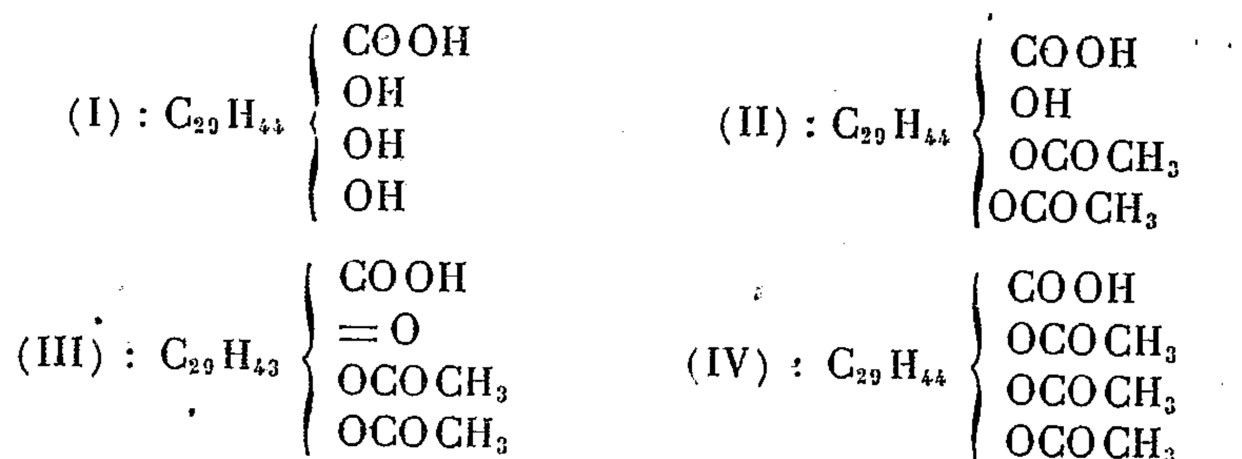
(1) P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky, *Nature*, 163, 1949, p. 258; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 46 (commun. faite au 8e Congrès de Chimie Biologique, Paris, octobre 1948).

(2) Tous les points de fusion de cette Note sont corrigés.

consomme une seule molécule d'acide periodique, ce qui prouve que le troisième hydroxyle n'est pas placé en α par rapport à l'un des deux autres. Cette oxydation conduit à un produit carbonylé neutre, amorphe, F 208-210°, précipitant avec la 2.4-dinitrophénylhydrazine.

$C_{31}H_{48}O_5$ calculé %, C 74,32, H 9,69; trouvé %, C 74,12, H 9,49.

Il n'y a aucune formation de formol, ce qui exclut la présence d'un OH primaire dans le groupement glycol.



b. Acétylation : Diacétate (II). — L'acide asiatique, dissous à chaud dans l'anhydride acétique et gardé ainsi pendant 24 heures à froid, fournit un produit neutre, probablement l'anhydride de l'acide asiatique acétylé ([3]), facilement décomposable par chauffage avec de l'alcool méthylique en un produit acide, dont nous avons isolé le diacétate (II) par chromatographie sur alumine. Recristallisé dans l'alcool méthylique dilué, ce diacétate fond à 168-170°. Poids moléculaire d'après dosage alcalimétrique : trouvé : 586, calculé 572; $[\alpha_D^{30}] = +35°,2$ [($CHCl_3$) $c = 1,1$]. L'acide chromique en solution diluée benzène-acide acétique l'oxyde en un dérivé carbonylé cristallisé (III) F 222-225°. Cette substance présente le spectre d'absorption caractéristique d'une cétone ou d'un aldéhyde (λ_{max} à $290^{m\mu}$, λ_{min} à $250^{m\mu}$); $C_{34}H_{50}O_7$ calculé : C — 71,51 %, H — 8,84 %; trouvé : C — 71,41 %, H — 8,82 %. Son ester méthylique cristallisé fond à 112-114°. $C_{35}H_{52}O_7$ calculé : C — 71,88 %, H — 8,97 %; trouvé : C — 71,47 %, H — 9,50 %.

Le dérivé carbonylé (III) saponifié consomme aussi une molécule d'acide periodique et le produit d'oxydation est neutre. Il s'ensuit que les deux OH acétylés du diacétate (II) sont ceux de la fonction glycol.

Triacétate (IV). — On l'obtient par action prolongée (15 jours à froid) d'acide acétique saturé de HCl sur l'acide asiatique. Son ester méthylique, amorphe, a été distillé sous $0^{mm},3$. $C_{37}H_{56}O_8$ calculé : C — 70,66 %, H — 8,98 %; trouvé : C — 70,90 %, H — 8,69. Indice de saponification : trouvé : 256,3; calculé : 267.

([3]) *Voir* le comportement analogue de l'acide oléanolique : VAN DER HAAR, *Rec. Trav. Chim.* Pays-Bas, 46, 1927, p. 775 et 793.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle de la plaie d'inoculation dans le développement des tumeurs à* Agrobacterium tumefaciens. Note de M. **Gabriel Segretain**, présentée par M. Joseph Magrou.

Si, avec une aiguille chargée d'une culture d'*Agrobacterium tumefaciens*, on inocule par piqûre la tige d'une plante en perçant l'anneau vasculaire, il se développe à la température normale d'environ 20°, une tumeur au point d'inoculation. Riker a montré que les tumeurs ne se développaient pas sur diverses espèces de plantes ([1]) et ([2]), si celles-ci étaient cultivées à une température supérieure à 30°. Cependant à cette température, la bactérie reste parfaitement vivante dans la plante, et conserve après réisolement ses propriétés. Sur *Nicotiana tabacum*, Riker n'obtint pas par la chaleur l'inhibition de la production des tumeurs. Braun ([3]) a étudié ce phénomène sur *Kalanchoe daigremontiana* et montré qu'une action très brève (5 jours) de la température (32°), tout de suite après l'inoculation, suffit à empêcher le développement des tumeurs sur les plantes replacées à la température de 25°.

Reprenant l'étude de ce phénomène sur *Pelargonium zonale* et *Nicotiana tabacum* var. P-19, inoculés avec *Agrobacterium tumefaciens* souche tomate 42/4, nous avons vérifié qu'une température de 31 à 33° (réalisée dans une étuve éclairée par un tube à fluorescence lumière du jour) pendant 5 jours, inhibait la formation des tumeurs sur les plantes, replacées ensuite dans la serre à la température d'environ 20°. Des prélèvements des points d'inoculation, effectués 5 jours après la piqûre, ont montré que les bactéries étaient parfaitement vivantes, tant chez les plantes maintenues à la température ordinaire que chez celles qui sortent de l'étuve. Mais, chez les plantes qui ont subi ce prélèvement, des tumeurs se sont développées au niveau de la blessure qui en résultait, même chez celles qui avaient été soumises à l'action de la chaleur. Donc la transformation de la cellule normale en cellule tumorale, arrêtée par la température de 31-33°, reprend sous l'action de la blessure stérile produite par ce prélèvement.

En effet, il se forme des tumeurs normales, quand, à la sortie de l'étuve, on fait, soit de simples piqûres avec une aiguille stérile au-dessus, au-dessous, à droite et à gauche du point d'inoculation initial, soit des incisions au-dessus et au-dessous de ce point avec un scalpel stérile. Les tumeurs obtenues ainsi sur *Pelargonium* ont un développement parallèle à celui des tumeurs témoins. Sur Tabac, où la réponse tumorale normale à l'inoculation est inconstante, on obtient, par ce procédé, à chaque inoculation, une tumeur qui se développe plus rapidement et atteint un volume plus grand que la tumeur témoin.

([1]) *J. Agric. Research*, 32, 1926, p. 83-96.
([2]) *Phytopath.*, 31, 1941, p. 964-977.
([3]) *Growth.*, 12, 1948, p. 255-269.

Si on laisse les plantes à la température normale pendant des temps variables après l'inoculation, avant de les mettre pendant 5 jours à l'étuve, Braun a montré avec *Kalanchoe* que, si ce temps est inférieur à 32 ± 2 heures, les tumeurs ne se développent pas; si ce temps est supérieur à 72 heures, les tumeurs sont de grosseur normale; si ce temps est compris entre 32 et 72 heures, la formation des tumeurs est inconstante et celles-ci n'atteignent pas le volume normal. Nous avons obtenu des résultats de même sens chez le *Pelargonium* et constaté sur coupe que, pour le développement initial des tumeurs, le temps minimum pendant lequel la plante doit être maintenue à la température ordinaire, correspond au début des processus de cicatrisation de la plaie. D'autre part des amas bactériens sont parfaitement visibles, en particulier dans les espaces intercellulaires de la moelle et dans les vaisseaux ligneux, jusqu'à une distance d'environ 1cm de part et d'autre du point d'inoculation, soit dans toute la région où le recloisonnement cellulaire sera intense. Il semble donc possible que des substances sécrétées par la plante, lors de la cicatrisation de la plaie d'inoculation, jouent un rôle dans la formation des tumeurs; ces substances seraient inactivées par l'action de la chaleur. Cette influence de la blessure est d'ailleurs certaine dans le cas de formations tumorales ayant pour origine un virus et constatées par Black ([4]) sur les racines de diverses plantes; ces tumeurs prennent naissance principalement au point d'émergence d'une radicelle, qui a une origine profonde et qui cause, à sa sortie, une blessure dans l'écorce.

Des expériences sont actuellement au cours, en particulier des instillations de diverses substances aux points d'inoculation sur Tabac et *Pelargonium* après l'action de la chaleur.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence du climat et du sol sur l'alimentation potassique de la Vigne sous climat atlantique.* Note (*) de MM. **P.-J.-J. Franc de Ferrière**, **Jean Grenier de Ruère** et **Sylvain Siméon**, présentée par M. Albert Demolon.

Après avoir étudié dans deux Notes précédentes ([1]) l'alimentation azotée et phosphatée de la Vigne, nous donnons ici les résultats relatifs à l'alimentation potassique des 18 vignobles suivis aux cours des deux années 1947 et 1948.

I. Période printanière. — Fin floraison (graphique 1 K).

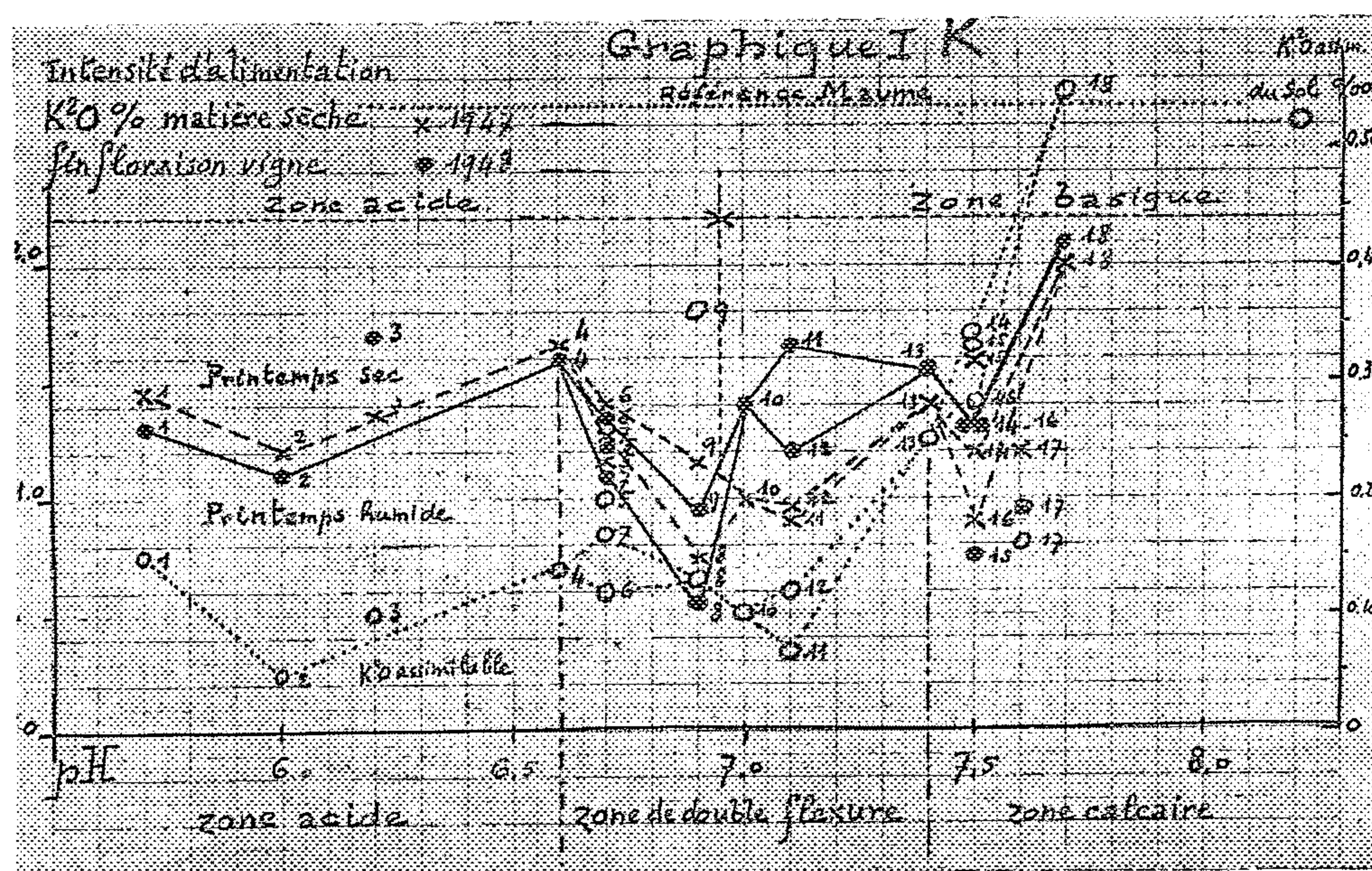
1 *Influence du* pH *du sol et du climat.* — Au cours des deux printemps 1947 (printemps sec) et 1948 (printemps humide) l'alimentation potassique des vignobles fin floraison a présenté des différences nettes en fonction du pH des sols.

([4]) *Amer. J. Botany*, 32, 1945, p. 408-415.

(*) Séance du 25 avril 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1351 et 1376.

a. Sur sols acides jusqu'à 6,9, l'assimilation potassique a été plus réduite en année humide qu'en année sèche. Sur sols neutres ou basiques, au contraire,



l'assimilation potassique a été plus élevée en année humide qu'en année sèche. *Le croisement des courbes d'alimentation* K_2O *se fait entre* pH 6,9 *et* pH 7.

b. De part et d'autre et au voisinage de la neutralité, on observe en *printemps humide* deux phénomènes inverses : du côté acide, baisse brutale et accentuée de l'assimilation potassique, du côté basique hausse non moins brutale. *D'où en printemps humide une double flexion très accentuée des courbes de part et d'autre de* pH 7,0.

2. *Influence du* K_2O *assimilable du sol.* — *a.* En printemps sec et en zones acide et faiblement basique jusqu'à pH 7,4, on observe un parallélisme général assez net entre les courbes d'intensité d'alimentation K_2O et la courbe du K_2O assimilable du sol, sans proportionnalité comme dans le cas des faibles teneurs en P_2O_5 assimilable du sol. Au-dessus de pH 7,4, la courbe du K_2O assimilable s'élève rapidement, c'est la région des sols fortement calcaires (14, 15, 18) pour lesquels les normes de la méthode Schlœsing doivent être fortement relevées.

b. En printemps humide, la double flexion des courbes d'alimentation au voisinage de la neutralité détruit le parallélisme observé en année sèche entre alimentation potassique de la Vigne et K_2O *assimilable du sol.*

3. *Cas anormaux.* — Quatre cas anormaux que nous avons laissés de côté (3, 5, 15, 17) correspondent à des vignobles particulièrement déficients en azote total (N total = 0,71, 0,70, 0,75 ‰) et présentent par conséquent une pauvreté exagérée en humus.

II. PÉRIODE AUTOMNALE. — *Maturité.* — En 1948, un été et un automne secs et chauds ont suivi un printemps pluvieux. A la véraison, nous assistons au retournement, qui se confirme à la maturité, de la situation de l'alimentation potassique du vignoble. En automne 1948 et en sols acides, l'alimentation potassique dépasse largement celle de 1947. La double flexion s'efface et les deux courbes 1947-1948 se trouvent en gros, parallèles à celle du K_2O assimilable du sol, mais sans proportionnalité.

En résumé quatre facteurs principaux jouent dans l'alimentation potassique de la Vigne en zone atlantique française : le climat saisonnier, facteur prédominant; la potasse assimilable, le pH et la teneur en humus du sol.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de la dessiccation sur la diapause des Lombriciens.* Note de M. **Jean Michon**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les caractères de la diapause estivale des Lombriciens ont été bien décrits par Avel ([1]), qui l'a observée chez *Allolobophora terrestris* Savigny f. *typica* et *Allolobophora terrestris* f. *longa* Ude, dans les conditions naturelles (jardin des environs de Paris) ainsi que dans des élevages prolongés au laboratoire.

D'autre part, Abeloos et Avel ([2]) ont constaté l'existence d'une corrélation entre l'état de diapause et l'apparition périodique du pouvoir de régénération de la queue.

Reprenant l'étude de ces phénomènes chez les mêmes espèces, ainsi que chez *Allolobophora caliginosa* Savigny f. *typica* et *Allolobophora chlorotica* Savigny, j'ai pu préciser l'intervention des facteurs externes dans leur déterminisme :

1. J'ai pu empêcher l'apparition de la diapause chez ces espèces en les maintenant dans des cristallisoirs remplis d'une terre argileuse saturée d'humidité, à une température constante de 18°, en présence d'une nourriture abondante. Les sujets sont demeurés constamment en activité durant des périodes excédant un an ou dix-huit mois. Ils ont cependant présenté dans ces conditions un développement cyclique du clitellum et se sont reproduits normalemenl durant l'automne.

2. Lorsque, partant d'individus soumis aux conditions définies ci-dessus, on cesse l'arrosage régulier de la terre pour réaliser une dessiccation très lente et ménagée du milieu, on observe, un mois à six semaines après le début de l'expérience, alors que le sol est loin d'être totalement privé de l'eau qu'il retient, l'installation régulière de l'état de diapause, avec toutes ses caractéristiques extérieures : enroulement en peloton, isolément, dans une logette de terre, immobilité, décoloration, vacuité du tube digestif. Cet état se prolonge

([1]) *Bull. Biol. France et Belgique*, 63, 1929, p. 149.
([2]) *C. R. Soc. de Biologie*, 99, 1928, p. 737.

environ deux mois, durant lesquels on ne peut provoquer la réactivation de l'animal, puis se termine par un réveil spontané.

La diapause a pu être obtenue dans ces conditions, non seulement en mai, époque normale de son apparition, mais même en plein hiver, époque à laquelle elle n'avait jamais été constatée jusqu'ici. Le phénomène peut être déclenché chez des individus jeunes comme chez des adultes au repos sexuel.

3. De plus, lorsqu'on soumet à la dessiccation progressive des individus dont l'extrémité postérieure a été préalablement sectionnée à différents niveaux, on constate que l'état de diapause est toujours accompagné de la régénération de la partie amputée.

Cette régénération, comme la diapause, fait complètement défaut chez les témoins sectionnés mais maintenus en milieu abondamment arrosé.

Cette constatation permet d'affirmer que l'état de diapause provoqué par dessiccation est bien identique à celui qui apparaît normalement dans le cycle des espèces étudiées et qui a été observé par Abeloos et Avel. Il importe, en effet, de distinguer nettement cet état physiologique de diapause des états de déshydratation (anhydrobiose) provoqués par une dessiccation rapide, que j'ai également obtenus, après divers auteurs, sur les espèces mentionnées, et qui se montrent réversibles dans certaines limites, mais ne s'accompagnent nullement des phénomènes morphologiques et régénératifs qui caractérisent la véritable diapause. La chute de poids observée au cours de celle-ci est d'ailleurs notablement plus faible que celle qu'il est possible de réaliser dans l'anhydrobiose.

En conclusion, la diapause des Lombriciens du genre *Allolobophora* est régie non seulement par des facteurs internes, cycliques, en relation avec la sexualité, mais encore par des facteurs externes : l'humidité extrême inhibe l'installation de la diapause, la dessiccation très ménagée durant la phase de repos sexuel en provoque l'apparition, même en plein hiver, saison durant laquelle le phénomène n'avait jamais été observé.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Inhibition de l'anhydrase-carbonique par l'eau de mer.* Note de M. **Joseph Stolkowski**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les recherches que j'effectue depuis deux ans et demi sur le déterminisme des formes minéralogiques du calcaire chez les animaux (et plus spécialement chez les Mollusques) m'avaient permis de considérer comme une hypothèse fondée l'intervention de l'anhydrase-carbonique dans le dépôt des variétés instables de calcaire. Dans cet ordre d'idées, je fus amené à tenir compte du milieu dans lequel vivent les animaux : il est, en effet, curieux de constater que la plupart des coquilles calcitiques sinon toutes sont des coquilles marines, et

que les épithéliums sécréteurs qui forment de la calcite baignent dans l'eau de mer. Il fallait donc étudier l'influence de l'eau de mer sur l'anhydrase-carbonique :

Les premiers essais furent effectués avec de l'eau de mer provenant de réserves de laboratoire, sur du sang de poule laqué. Ils montraient une inhibition de l'activité diastasique de 75 à 89 %. Sur la diastase proprement dite, préparée à partir du sang de bœuf, par la méthode B de Meldrum et Roughton, sous forme d'un précipité brun ([1]) et redissoute ensuite dans l'eau distillée, de l'eau de mer très pure (prise au large et en profondeur) réalisait une inhibition de 73 %. Parmi les principaux constituants de l'eau de mer, à la concentration où ils existent dans cette eau, seul le chlorure de sodium manifestait un pouvoir inhibiteur marqué; NaCl semble agir en tant que chlorure alcalin : en effet, SO_4Na_2 et $MgCl_2$ sont inefficaces, même à forte concentration, tandis que les chlorures de lithium, de potassium, d'ammonium, de rubidium, agissent à des concentrations comparables à celles de NaCl; c'est même apparemment en tant que sel halogéné alcalin qu'agit NaCl, car NaI, NaBr, NaF sont également inhibiteurs. Le plus puissant est NaI : ce dernier sel était d'ailleurs connu comme inhibiteur parce qu'on le rangeait parmi les oxydants ([2]). Le fluorure est au contraire le moins actif. En ce qui concerne le chlorure de sodium, son action se traduit, pour des concentrations de 4 à 27,5 g/l, par des inhibitions de 53 à 80 % de l'activité diastasique. Au-dessous de 4 g/l, le pouvoir inhibiteur diminue avec la concentration. Par conséquent, le sérum sanguin contient, en son chlorure de sodium, un inhibiteur possible de l'anhydrase, qui ne se confond d'ailleurs pas avec l'inhibiteur signalé par Booth ([3]).

Le tableau ci-dessous représente quelques-unes des valeurs expérimentales obtenues avec différents composés :

Composé utilisé.	Concentration en g/l.	Inhibition (%).	Composé utilisé.	Concentration en g/l.	Inhibition (%).
NaI	7	100	NaCl	7,5	53
	2,3	97		7,5	59
NaBr	7	85		15	67
	2,3	53,5		27,5	80
NaCl	2,50	33,5	NaF	7,5	0
	4,65	53,5		15	56

Si l'on fait agir NaCl à la concentration de 7 g/l sur des extraits aqueux de tissu, on ne constate plus l'inhibition observée à l'égard du sang laqué ou de l'enzyme préparé. Il est à présumer que l'extrait de tissu contient des substances propres à paralyser l'effet inhibiteur du chlorure de sodium. Et, en

([1]) N. U. Meldrum et F. G. W. Roughton, *Journ. of Physiol.*, 80, 1933.

([2]) M. Kiese et A. Baird Hastings, *Journ. Biol. Chem.*, 132, 1940, p. 281-292.

([3]) *Journ. of Physiol.*, 87, 1936, p. 41.

effet, si l'on ajoute à une solution d'enzyme préparé un extrait aqueux du manteau de *Pecten maximus* qui est pratiquement dépourvu d'anhydrase, l'effet inhibiteur de NaCl est atténué. D'autre part, NaI, qui inhibe totalement l'anhydrase préparée à la concentration de 7 g/l, a une action moins efficace lorsqu'il s'agit d'extraits aqueux de tissu contenant de l'anhydrase. Quelques essais à poursuivre permettent de penser que, dans tout cela, les protéines peuvent jouer un rôle. Il n'est donc pas étonnant que les auteurs aient pu utiliser indiféremment, pour l'étude de l'anhydrase, des extraits de tissu faits à l'eau distillée ou à l'eau salée, sans percevoir l'effet inhibiteur du NaCl ([4]).

En résumé, l'eau de mer réduit considérablement l'activité de l'anhydrase lorsqu'elle arrive à son contact, comme cela se produit sans doute au cours de la formation de nombreuses coquilles marines.

Ces constatations doivent prendre place dans une explication d'ensemble du déterminisme des formes minéralogiques du calcaire dans les deux règnes, explication sur laquelle je reviendrai prochainement.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h15^m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1949 (*suite*).

Fédération des Syndicats et Sociétés d'élevage du département de Constantine. *Les vaccinations contre les Piroplasmes bovines.* Conférence donnée à la Maison de l'Agriculture de Constantine, par André Donatien. Constantine, Imprimerie Braham, s. d.; 1 fasc. 23^{cm},5.

Le diagnostic des piroplasmes, par André Donatien. Alger, Imprimerie La Typo-Litho, 1926; 1 fasc. 24^{cm},5.

Cuarta Reunión de la Sociedad argentina de patologia regional del Norte Santiago del Estero. *La vaccination contre les piroplasmoses bovines,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux. Buenos-Aires, Imprenta de la Universidad, 1928; 1 fasc. 26^{cm},5.

Académie d'agriculture de France. *Dix ans de vaccination prémunitive contre les piroplasmoses bovines en Afrique du Nord,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard. Alençon, Imprimerie alençonnaise, 1935; 1 fasc. 21^{cm}.

Au sujet de l'importation dans l'Afrique du Nord de bovins de races françaises, par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux.

([4]) J. K. W. Ferguson, L. Lewis et J. Smith, *Journ. of cell. and comp. Physiol.*, **10**, 1937, p. 395.

Extrait du Iᵉʳ Congrès du Comité de l'Afrique du Nord-Midi, tenu à Toulouse, les 23 et 24 juillet 1927; 1 feuille 20ᶜᵐ.

Recueil de médecine vétérinaire exotique publié par le corps enseignant de l'École d'Alfort. Extraits. T. III, 1930, nº 1 : *De la classification des Piroplasmes des animaux domestiques,* par André Donatien, Félix Lestoquard; T. CVII, 1931, nº 11 : *Les piroplasmoses,* par André Donatien. Paris, Vigot; 2 fasc. 24ᶜᵐ.

Comptes rendus de la Société de biologie. T. C, 1929 : *Formule leucocytaire normale du sang des bovins,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, A. Charpin ; T. CIV, 1930 : *Influence de la splénectomie sur les piroplasmoses des herbivores,* par André Donatien, Félix Lestoquard ; 2 feuilles 24ᶜᵐ.

Bulletin de la Société de pathologie exotique. T. XIX, 1926, nº 7 : *Transmission expérimentale de* Piroplasma caballi *à l'âne* et T. XX, 1927, nº 1 : *Sur l'emploi du trypanobleu dans le traitement des piroplasmoses des ruminants,* par André Donatien, Félix Lestoquard ; T. XXI, 1928, nº 10 : *Tiques et piroplasmoses bovines d'Algérie,* et T. XXII, 1929, nº 7 : *Sur l'existence de corps en grenade dans le cycle évolutif de* Gonderia mutans, et T. XXIV, 1931, nᵒˢ 3 et 10 : *Transmission héréditaire de* Piroplasma bigeminum *chez* Rhipicephallus bursa. *Persistance du parasite chez les tiques nourries sur des chevaux ; Le traitement de la babésiellose bovine a* Babesiella berbera *par l'ichthargan,* et T. XXVI, 1933, nᵒˢ 4 et 7 : *Essais de chimiothérapie des Piroplasmoses bovines* (4ᵉ série) ; *Étude expérimentale de* Anaplasma centrale *Theiler du bœuf,* par André Donatien, Edmond Sergent, Louis Parrot, Félix Lestoquard ; T. XXVII, 1934, nº 5 : *Transmission de* Piroplasma caballi *de la mère au fœtus,* par André Donatien, Félix Lestoquard, E. Sausseau, P. Maubaret ; T. XXVIII, 1935, nº 6 : *Nouveau cas de transmission de* Piroplasma caballi *de la mère au fœtus,* par André Donatien, Félix Lestoquard, A. Bouguet. Paris, Masson, 10 fasc. 24ᶜᵐ.

Annales de l'Institut Pasteur. T. XXXVIII, 1924 : *Études expérimentales sur les Piroplasmoses bovines d'Algérie,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux, H. Rougebief ; T. XL, 1926 : *Des piroplasmes bovins du* S. G. Babesiella. *Description d'une nouvelle espèce* B. Major (Origine : France), par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux ; T. XLI, 1927 : *Les piroplasmoses bovines. La fièvre de la côte orientale et la theilériose nord-africaine* (*Étude expérimentale comparative*) ; *Études expérimentales sur les piroplasmoses bovines d'Algérie* (Deuxième mémoire et une suite), par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux ; T. XLVII, 1931 : *La prémunition contre les piroplasmoses bovines dans l'Afrique du Nord ; Recherches sur le mode de propagation et sur le réservoir de virus de la theilériose nord-africaine* (Theileria dispar), par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard ; T. LI, 1933 : *Huitième et neuvième campagnes de prémunition contre les piroplasmoses bovines dans l'Afrique du Nord* (1930-1932) et T. CXV, 1940 : *Sept années de prémunition contre les piroplasmoses* (lato sensu) *du bœuf, dixième et seizième campagnes* (1933-1939) et T. LXXII, 1946 : *Sur quelques questions de pathologie générale et de pathologie comparée soulevées par l'étude des piroplasmoses bovines,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard. Paris, Masson ; 10 fasc. 24ᶜᵐ.

Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie. T. II et V, nᵒˢ 1 et 3 : *Les piroplasmoses bovines d'Algérie* (2 Mémoires), par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux; T. IV, 1926, nº 2 : *Les piroplasmoses bovines dues au Babesiella. Étude d'ensemble avec description d'une espèce nouvelle : B. major, originaire de France,* par Edmond Sergent, André Donatien, Louis Parrot, Félix Lestoquard, Edmond Plantureux; T. VII, 1929, nº 1 : *De la formule leucocytaire du sang des*

bovins à l'état normal et dans quelques piroplasmoses, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQUARD, A. CHARPIN ; T. IX, 1931, nos 2 et 4 : *Cinquième sixième et septième campagnes de prémunition contre les piroplasmoses bovines dans l'Afrique du Nord* (1928-1930) ; *La transmission naturelle de la theilériose bovine dans l'Afrique du Nord*, par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT, FÉLIX LESTOQUARD ; T. XXV, 1947, n° 2 : *Influence des piroplasmoses bovines sur la production laitière en Algérie*, par ANDRÉ DONATIEN, L. RAMPON ; T. XXVI, 1948, n° 4 : *Réflexions sur la nomenclature zoologique à propos de l'espèce* Piroplasma annulatum (*classe des Sporozoaires, ordre des Coccidiés*), par EDMOND SERGENT, ANDRÉ DONATIEN, LOUIS PARROT ; 8 fasc. 24cm,5.

Société chimique de France. *Vie et Œuvres de Joseph-Achille Le Bel*, publiées à l'occasion du centenaire de sa naissance, par MARCEL DELÉPINE. Paris, Imprimerie Paul Dupont, 1949 ; 1 vol. 24cm.

Géographie du fond des mers. Étude du relief des océans, in *Bibliothèque scientifique*, par JACQUES BOURCART. Paris, Payot, 1949 ; 1 vol. 23cm (présenté par M. D. Cot).

Latérisation et Latérites, par IR. G. WÆGEMANS. Tervuren, Centre colonial de documentation et de coordination des recherches chimiques, 1948 ; 1 fasc. 24cm.

Faune de l'Empire français. IV. *Hémiptères réduviides de l'Afrique Noire*, par ANDRÉ VILLIERS. Paris, Office de la recherche scientifique coloniale et Librairie Larose, 1948 ; 1 vol. 28cm (présenté par M. Fage).

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Les territoires biogéographiques du Parc national Albert*, par WALTER ROBYNS. Bruxelles, 1948 ; 1 fasc. 24cm,5.

Id. — Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. CV. *Ceratopogonidæ* (*Diptera nematocera*), par M. GOETGHEBUER. Fasc. CVI. *Coreidæ* (*Hémiptera Heteroptera*), par H. SCHOUTEDEN. Fasc. CVII. *Endomychidæ* (*Coleoptera clavicornia or cucujoidæ*), par H. F. STROHECKER. Bruxelles, 1938-1949 ; 3 fasc. 28cm.

Id. — (1935-1936). Fasc. XVII. *Larves d'hydrocanthares* (*Dytiscidæ et Gyrinidæ*), par HENRI BERTRAND. Bruxelles, 1948 ; 1 fasc. 28cm.

Id. — Mission J. Lebrun (1937-1938). Fasc. I. *Contribution à l'étude de la flore du Parc national de la Kagera*, par J. LEBRUN, A. TATON, L. TOUSSAINT. Bruxelles, 1948 ; 1 fasc. 28cm.

Wissenschaftliche Arbeiten des deutschen meteorologischen dientes in französischen besatzungsgebiet, von WILHELM PEPPLER. Band I, 1947. Berlin, Tubingen, Saulgau, Karl F. Haug Verlag ; 1 vol. 29cm,5.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 MAI 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Théodore de Kármán**, Correspondant de l'Académie, et **Constantin Regel**, Directeur du Jardin botanique de Kaunas, qui assistent à la séance.

CHIMIE ALIMENTAIRE. — *Sur la teneur du vin en rubidium.*
Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

La présence constante du rubidium à côté du sodium et du potassium dans les espèces végétales et animales étant aujourd'hui largement démontrée, il était logique de penser que le vin, si abondamment consommé dans certains pays et en particulier dans le nôtre, pouvait être une source importante d'introduction du rubidium dans l'organisme de l'homme. C'est pourquoi nous avons entrepris la recherche dont nous donnons ici les résultats.

Avec le bienveillant concours de MM. Albert Demolon, inspecteur général de l'Agriculture, Genevois, professeur à l'Université de Bordeaux, Boischot, directeur à la Station centrale d'Agronomie de Versailles, Brémond, professeur à l'Institut agricole d'Algérie, Bordas, directeur de la Station de Recherches agronomiques d'Avignon, Ferré, directeur de la Station œnologique de Bône, Engel, chargé du cours d'œnologie à la Faculté des Sciences de Dijon, etc., nous avons réuni une série d'échantillons de vins purs et d'origines certaines, que nous avons analysés. Après quelques essais préliminaires, la technique suivante a été adoptée : 40^{cm^3} de vin ont été évaporés à sec au bain-marie dans une capsule de platine, puis la capsule a été portée dans un four à moufle chauffé électriquement à une température proche du rouge naissant. Les cendres ont été traitées ensuite, comme nous l'avons fait jusqu'ici lorsqu'il s'agissait de cendres végétales, de manière à isoler l'ensemble des métaux alcalins à l'état de chlorures et, finalement, nous avons passé 10^{mg} de ce mélange desséché au

spectrographe de Féry. La lecture du spectrogramme étant faite à l'électrophotomètre enregistreur de Sannié.

Nous avons obtenu les résultats suivants, rapportés au litre de vin. Les noms des vins blancs, rouges et rosés sont précédés des indices (Bl.), (Rg.) et (Ros.).

TABLEAU.

Noms des vins.	Cendres (g).	K (g).	Na (g).	Rb (mg.)
(Rg) Pauillac (Médoc) 1947	2,59	1,21	0,011	1,28
(Rg) Château Canon (St-Émilion) 1947	2,09	0,89	0,014	0,97
(Rg) Cru des Conseillans (Haux) (Gironde) 1944	1,7	0,80	0,090	0,84
(Bl) Clos de Vougeot (Bourgogne) 1944	1,8	1,12	0,006	0,35
(Bl) » 1946	2,54	0,76	0,008	0,22
(Rg) Volnay (Beaune) 1947 (terrain calcaire)	1,89	0,90	0,004	0,87
(Rg) Beaujolais 1947 (terrain granitique)	2,52	1,26	0,005	1,35
(Rg) Chiroubles (Rhône) 1933	1,71	0.79	0,009	,29
(Rg) Châteauneuf-du-Pape (Côtes du Rhône) 1947 (terrain à cailloux roulés)	2,04	0,87	0,065	0,89
(Bl) Châteauneuf-du-Pape (Côtes du Rhône) 1947	1,66	0,66	0,010	0,55
(Rg) Aramon de plaine (environs d'Avignon)	2,23	1,13	0,011	4,16
(Bl) Champagne brut 1948	2,01	0,715	0,047	0,38
(Bl) Champagne champagnisé 1948	1,62	0,625	0,049	0,28
(Bl) Cru de la Grée (Anjou) 1947	1,24	0,47	0,011	1,00
(Bl) Cru les Fougerays (Anjou) 1947	1,48	0,52	0,010	0,70
(Bl) Cru la Rousselle (Anjou) 1947	1,07	0,39	0,014	0,29
(Bl) Cru Sicot (Anjou) 1947	1,46	0,69	0,011	0,38
(Bl) Gaillac (Tarn) 1947	2,69	1,13	0,025	1,94
(Ros) Tavel-Château Manissy (Gard) 1935	2,02	0,97	0,022	1,97
(Rg) Miliana (Alger) 1946 (éboulis argilo-calcaire)	1,79	0,80	0,022	1,00
(Ros) Aïn-El-Hadjar (Mascara) (Oran) 1946 (sol silico-calcaire)	1,88	0,90	0,012	0,54
(Rg) Médéa (Alger) 1946 (coteaux argileux)	–	1,08	0,015	1,81

D'après ces résultats on voit que :

les *Vins blancs* contiennent en général moins de 1^{mg} de rubidium par litre : trouvé de 0,22 à 1^{mg} dans neuf vins sur dix, soit en moyenne 0^{mg},46 et, en tenant compte de la teneur exceptionnelle du vin de Gaillac, 0^{mg},61 ;

les *Vins rouges* renferment ordinairement deux à trois fois plus de rubidium que les vins blancs : trouvé comme moyenne de dix vins sur onze, 1^{mg},15 et, en tenant compte de la teneur exceptionnelle du vin d'Aramon, 1^{mg},41 ;

les *Vins rosés* semblent se rapprocher des vins rouges par leur teneur en rubidium. Il n'en a été analysé que deux échantillons; l'un renfermait 0^{mg},54 et l'autre 1^{mg},87 du métal alcalin.

MICROBIOLOGIE. — *La frontière entre virus et bactéries ne saurait être basée sur des caractères de taille, mais fondée seulement sur des données physiologiques.* Note (*) de MM. **André Boivin, Jacques Callot, Robert Tulasne** et **Roger Vendrely.**

Une conception particulière de la nature biologique des virus, due à Green, à Burnet, etc., a été défendue par l'un de nous, depuis plus de dix ans, non sans avoir soulevé quelquefois, chez nous, les railleries des microbiologistes attachés aux idées traditionnelles. Elle tend maintenant à devenir banale, surtout à l'étranger. Les virus représenteraient l'ultime terme d'une dégradation parasitaire, à partir d'ancêtres (au sens paléontologique du terme) qui, initialement, auraient mené une vie libre ou facultativement parasitaire, d'êtres de l'ordre de nos bactéries saprophytes et pathogènes. Cette adaptation aurait été marquée par une perte totale (ou quasi totale) de cet équipement enzymatique très complexe sans lequel on ne saurait concevoir une vie libre, puisqu'il conditionne les transformations de la matière ambiante préparatoires à son assimilation et la production *d'énergie libre* au cours des réactions de fermentation et d'oxydation respiratoire, énergie qui se trouve aussitôt utilisée par les travaux de synthèse chimique nécessités par la multiplication *conforme*. Le parasitisme obligatoire dans des cellules vivantes, animales, végétales ou bactériennes, en aurait résulté, pour que les virus, simples centres directeurs de synthèses faites avec une matière et de l'énergie étrangères, puissent encore se multiplier. Les virus se borneraient ainsi à dévier, au profit de leur seule multiplication, une partie de l'activité chimique de ces cellules, dont le but était tout autre. Et la taille n'intervient en rien dans la question. Le problème se retrouve le même des plus petits virus, dont la taille descend un peu au-dessous de $10^{m\mu}$, aux plus gros, dont la taille atteint et même dépasse 500 à $1\,000^{m\mu}$ avec les rickettsies. Peu importe que ces parasites soient invisibles au microscope optique, parce que leurs dimensions tombent au-dessous du pouvoir séparateur des meilleurs instruments et qu'ils soient alors justiciables du seul microscope électronique, ou qu'ils deviennent nettement visibles au microscope optique, parce que leurs dimensions dépassent le pouvoir séparateur des instruments (de 200 à $300^{m\mu}$). Le parasitisme obligatoire apporte ici le critère fondamental, le seul utilisable.

Descendons maintenant l'échelle des tailles bactériennes. Partons des formes géantes ayant quelques μ de large et des centaines de μ de long, comme ces bactéries autotrophes photosynthétisantes à chlorophylle et ces bactéries autotrophes chimiosynthétisantes métabolisant du soufre, pour arriver aux parasites et aux saprophytes de taille usuelle et finalement aux germes minus-

(*) Séance du 2 mai 1949.

cules comme les *Brucella*. Au delà, on entre dans le domaine des formes submicroscopiques et filtrables. On rencontre tout d'abord ces curieux saprophytes découverts dans les eaux et le sol par Barnard et Elford. Viennent ensuite l'agent responsable de la pleuropneumonie des Bovidés et tous les germes qui lui sont apparentés : *Streptobacillus moniliformis*, *Bacteroides funduliformis*. Ces deux derniers germes pathogènes montrent le passage, dans les deux sens, des formes submicroscopiques à des formes filamenteuses banales (Klieneberger-Nobel, Dienes). La même situation se retrouve (Dienes) avec quelques germes spontanément capables de donner des *boules :* certaines souches d'*Hæmophilus influenzæ* et certaines souches d'*Escherichia coli*. Enfin, l'un d'entre nous vient de montrer comment, avec un germe de caractère aussi banal qu'un *Proteus*, cultivé en présence de pénicilline, il est possible d'obtenir des formes submicroscopiques à petites colonies, avec possibilité de passage, dans les deux sens, de ces formes naines aux filaments usuels. Les formes naines en question représentent des bactéries presque réduites à leur noyau ($0^{\mu},2$). Or tous ces microorganismes, qu'ils soient saprophytes ou pathogènes, visibles ou submicroscopiques, peuvent toujours se multiplier en dehors de toute cellule vivante. Il arrive que leurs exigences biochimiques soient très grandes et que les colonies obtenues soient de toute petite taille; mais en y mettant le prix, on parvient toujours à réaliser avec eux des cultures en série. Un équipement enzymatique complexe est donc présent, qui seul rend possible cette vie libre.

Ainsi, si l'on veut faire œuvre de classification naturelle des microorganismes, la grande coupure doit être basée sur des caractères physiologiques et ne tenir aucun compte des questions de taille. De la sorte s'opposent les virus (virus proprement dits et rickettsies), toujours obligatoirement parasites, et les bactéries, toujours susceptibles de mener une vie libre. La nature actuelle n'a encore rien révélé qui puisse s'intercaler, à titre d'intermédiaire, entre bactéries et virus. Notons que l'isolement mutuel des virus et des bactéries n'a rien de spécial à ces microorganismes, les autres grands groupes d'êtres vivants se comportant plus ou moins de même entre eux.

M. Gaston Fayet fait hommage d'un Mémoire : *Contribution à l'étude des proximités d'orbites dans le système solaire*, qu'il vient de publier dans les *Annales du Bureau des Longitudes*.

M. Pierre Chevenard fait hommage d'un Ouvrage de M. E. Eyt intitulé : *Les laitiers métallurgiques et leurs réactions*, dont il a écrit la *Préface*.

M. Raymond Cornubert adresse à l'Académie deux Ouvrages qu'il vient de publier : 1° *Dérivés fonctionnels du groupe du norcamphane;* 2° *Sesquiterpènes*, ce dernier avec la collaboration de Pierre Anziani, Mlle Claudon, A. Aubry et J. Golé.

M. **Ernest Gäumann** fait hommage d'un Mémoire intitulé : *Der Einfluss der Meereshöhe auf die Dauerhaftigkeit des Lärchenholzes* et d'une Note : *Ueber das Problem der Welkekrankheiten bei Pflanzen*.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Jacques Hadamard**, **Émile Borel**, pour la Division des Sciences mathématiques, **Maurice Caullery**, **Louis Blaringhem**, pour la Division des Sciences physiques, **Maurice de Broglie**, **Justin Jolly**, pour la Section des Académiciens libres, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Académicien libre vacante par le décès de M. *Gustave Roussy*.

DÉSIGNATIONS.

Le Président du **Comité d'organisation** annonce qu'une **Exposition de l'Électricité** aura lieu à Toulouse, du 21 mai au 6 juin 1949, et invite l'Académie à se faire représenter aux cérémonies qui auront lieu à cette occasion. MM. **Charles Camichel** et **Gaston Dupouy** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la France d'Outre-Mer** demande l'avis de l'Académie, au sujet d'une candidature à la place d'Assistant de l'Institut Océanographique de l'Indochine et remet un dossier sur les titres de ce candidat.

(Renvoi à la Commission de l'Indochine.)

M. le Directeur de l'**Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture** (**UNESCO**), rappelle qu'une Conférence technique internationale pour la protection de la Nature doit se réunir aux États-Unis d'Amérique, du 22 août au 1er septembre 1949, et invite l'Académie à s'y faire représenter.

M. **Marcel Duplouy** adresse des remercîments pour l'encouragement accordé à ses travaux en 1948.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Buitenzorg scientific Centre. A description of the scientific Institutions at*

Buitenzorg, with a map, two diagrams and twenty-six illustrations (présenté par M. Chevalier).

2° *Les Chênes. Monographie des genres Quercus et Lithocarpus*, par Mlle Aimée Camus. Atlas, Tome III, *Genre Quercus, Sous-genre Euquercus (Sections Protobalanus et Erythrobalanus) et Genre Lithocarpus* (2 Volumes : Planches et explication des planches, présentés par M. Louis Blaringhem).

3° Faune de l'Empire français. XI. *Coléoptères carabiques de la région malgache* (troisième Partie), par M. René Jeannel (présenté par M. Fage).

4° *Sur les séries de base de polynomes quelconques*, par J.-M. Whittaker, avec la collaboration de C. Gattegno (présenté par M. Émile Borel).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la répartition des points $e^{\nu i\theta}$.* Note de M. **André Revuz**, présentée par M. Paul Montel.

Nous supposons que $\theta/2\pi = \omega$ est *irrationnel* et compris entre zéro et 1.

Nous dirons que le point $e^{\nu i\theta}$ (que nous désignerons aussi par $\nu\omega$, $\nu = 0, 1, 2, \ldots$) a ν pour *indice*, $[\nu\omega]$ définie par

$$-\frac{1}{2} < [\nu\omega] < +\frac{1}{2}, \qquad [\nu\omega] \equiv \nu\omega \pmod 1$$

pour *abscisse réduite*, et $d(\nu) = |[\nu\omega]|$ pour *distance*.

$u_0 = 0$, u_1, u_2, ..., u_n, ... avec $u_n \neq 0$ pour $n \geqq 1$ est la suite des quotients incomplets de ω.

$$\begin{array}{lllll} P_0 = 0, & P_1 = 1, & \ldots, & P_n, \ldots, & \text{avec } P_{n+1} = u_{n+1} P_n + P_{n-1}, \\ Q_0 = 1, & Q_1 = u_1, & \ldots, & Q_n, \ldots, & \text{avec } Q_{n+1} = u_{n+1} Q_n + Q_{n-1} \end{array}$$

sont les suites respectives des numérateurs et des dénominateurs des réduites de ω.

Lemme I. — *Tout nombre entier ν admet une décomposition canonique unique de la forme*

$$\nu = \alpha_0 Q_0 + \alpha_1 Q_1 + \ldots + \alpha_i Q_i + \ldots + \alpha_p Q_p,$$

les nombres entiers α_i vérifiant les conditions

$$\alpha_p \neq 0 \qquad 0 \leqq \alpha_i < u_{i+1} \quad \text{si} \quad \alpha_{i-1} \neq 0,$$

et aussi pour $i = 0$;

$$0 \leqq \alpha_i \leqq u_{i+1} \quad \text{si} \quad \alpha_{i-1} = 0.$$

Le plus petit indice r pour lequel $\alpha_r \neq 0$ sera dit le *rang* de ν.

Nous dirons qu'un point tombe entre deux autres lorsque son abscisse réduite est intérieure à l'intervalle délimité par celles des deux autres.

Lemme II. — *Les points de la suite $\{\nu\omega\}$ dont les indices sont inférieurs à Q_{n+2} et qui tombent entre $Q_n\omega$ et $Q_{n+2}\omega$ $(n \geqq 2)$, ont pour indices les nombres $Q_n + \alpha Q_{n+1}$ avec $0 < \alpha < u_{n+2}$.*

LEMME III. — *Soit* E *un ensemble fini de points* $\nu\omega$ *d'abscisses réduites de même signe, ordonné par la relation* $d(\nu) < d(\nu')$ *et tel que la différence des indices* ν_1 *et* ν_2 *de deux points consécutifs soit un dénominateur de réduite* ($\nu_2 - \nu_1 = Q_n$, *n peut varier avec le couple considéré et la relation* $\nu_1 < \nu_2$ *ne préjuge pas de l'ordre des points dans* E). *Les* u_{n+2} *plus petits indices de points tombant entre deux tels points consécutifs sont* $\nu_1 + \alpha_i Q_{n+1}$ *avec* $0 < \alpha_i \leqq u_{n+2}$, *et l'ensemble obtenu en insérant ces points jouit des mêmes propriétés que* E.

THÉORÈME I. — *La condition nécessaire et suffisante pour que le point* $\nu\omega$ *tombe entre* o *et* $Q_n\omega$ ($n \geqq 2$) *est que* ν *soit :*

1° *ou bien de rang* $n + 2p$, $p > 0$;

2° *ou bien de rang* n, *avec* $\alpha_n = 1$ *et que le premier coefficient suivant non nul soit* α_{n+2q+1}, $q \geqq 0$.

LEMME IV. — *On a pour* $n \geqq 1$,

$$\frac{u_{n+2}}{Q_{n+2}} < d(Q_n) < \frac{1}{Q_{n+1}}.$$

THÉORÈME II. — *Si* ν *est de rang* n *et si* α_n *est le coefficient de* Q_n *dans la décomposition de* ν, *on a les inégalités*

$$(\alpha_n - 1)\frac{u_{n+2}}{Q_{n+2}} + \frac{u_{n+3}}{Q_{n+3}} < d(\nu) < \frac{\alpha_n}{Q_{n+1}} + \frac{1}{Q_{n+2}}.$$

THÉORÈME III. — *La condition nécessaire et suffisante pour que la suite* $\{\nu_p\omega\}$ *tende vers le point* o, ($\nu = 0$), *est que le rang de* ν_p *tende vers l'infini avec* p.

THÉORÈME IV. — *La condition nécessaire et suffisante pour que la suite* $\{\nu_p\omega\}$ *soit convergente est que. pour tout* r, *on puisse trouver un entier* P, *tel que pour* $p > P$, *tous les nombres* ν_p *aient les mêmes coefficients* $\alpha_i (i < r)$ *dans leurs décompositions canoniques.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la convergence absolue des séries trigonométriques.* Note de M. **PAUL MALLIAVIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

M. R. Salem a introduit [1] dans l'étude de la convergence absolue des séries trigonométriques les ensembles parfaits symétriques. Un tel ensemble P est défini par une suite de nombres positifs $r_1, r_2, r_p, \ldots,$ tels que

$$r_n > \sum_{n+1}^{\infty} r_p.$$

Tout point x de P s'écrit sous la forme.

$$x = \varepsilon_1 r_1 + \varepsilon_n r_n + \ldots \qquad (\varepsilon_n = 0,\ 1). \tag{1}$$

---

[1] *Bulletin of the American mathematical Society*, 1941, p. 821.

Nous nous proposons de démontrer que si la série

$$\sum_n \rho_n |\sin nx| \qquad (\rho_n > 0) \tag{2}$$

converge sur P, elle converge uniformément sur P.

Soit

$$R(x, n, p) = \sum_n^{n+p} \rho_q |\sin qx|.$$

Dans le plan $O\xi$, $O\eta$ considérons le point μ de coordonnées $1/n$, $1/(n+p)$. Lorsque p et n prennent toutes valeurs entières, μ décrit un ensemble e admettant le point O pour point d'accumulation.

Si l'on pose

$$R(x, n, p) = R(x, \mu) \qquad (\mu \in e)$$

$$\lim_{\mu \to 0} R(x, \mu) = 0. \tag{3}$$

Suivant un théorème [2] de M. Denjoy, il existe un ensemble fermé, $Q(\varepsilon/2)$ situé et non dense sur P, tel que dans toute portion Π de P, disjointe de $Q(\varepsilon/2)$ il existe un nombre $d(\varepsilon/2, \pi)$ tel que

$$R(x, \mu) < \varepsilon/2 \tag{4}$$

quel que soit $x \in \Pi$ et μ vérifiant $O\mu < d(\varepsilon/2, \pi)$. Soit δ un segment tel que $P.\delta$ soit disjoint de $Q(\varepsilon/2)$; (4) s'écrit

$$R(x, n, p) < \varepsilon/2 \tag{5}$$

quel que soit $x \in P.\delta$ et $n > N_1 > 2/d$.

Il suffit d'appliquer à l'inégalité (5) la méthode que M. Arbault a introduit dans cette question [3]. Il existe un entier q, et une suite $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{q-1}$ ($\lambda_i = 0, 1$) tels que si l'on pose

$$a_1 = \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \lambda_{q-1} r_{q-1}$$

$$a_2 = a_1 + r_q$$

a_1 et a_2 appartiennent à $P.\delta$.

Tout point $x \in P$ peut s'écrire.

$$x = y + a_i, \qquad y \in P.\delta \qquad (i = 1, 2\, 2^{q-1}) \tag{6}$$

$$a_i = \varepsilon_1^i r_1 + \ldots + \varepsilon_{q-1}^i 2_{q-1} \qquad (\varepsilon_k^i = 0, 1)$$

$$|\sin nx| = |\sin n(y + a_i)| < |\sin ny| + |\sin na_i|,$$

$$R(x, n, p) < R(y, n, p) + R(a_i, n, p). \tag{7}$$

---

(2) Arnaud Denjoy, *Leçons sur le calcul des coefficients d'une série trigonométrique*, p. 199.

(3) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 630.

Il existe un entier N_2 tel que

(8) $$R(a_i, n, p) < \frac{\varepsilon}{2} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2^{q-1}) \qquad \text{si } n > N_2.$$

En comparant (5), (7), (8),
$$R(x, n, p) < \varepsilon,$$
quels que soient $x \in P$, et $n > \max[N_1, N_2]$. C. Q. F. D.

SÉRIES TRIGONOMÉTRIQUES. — *Sur certaines conséquences qu'entraîne pour une série de Fourier le fait d'avoir tous ses coefficients positifs. Complément au théorème de Weierstrass.* Note (*) de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. On connaît les résultats de M. Serge Bernstein concernant les fonctions indéfiniment dérivables sur un segment, toutes les dérivées étant positives et ceux de M. Pringsheim sur la position du point singulier d'une fonction analytique sur son cercle de convergence. On peut, en utilisant cette dernière propriété, démontrer un théorème sur l'analyticité des séries trigonométriques à coefficients tous positifs. Il convient d'utiliser le lemme suivant :

Si une fonction continue est développable en une série qui ne contient que des cosinus et si tous ses coefficients de Fourier sont positifs, elle est égale partout à la somme de sa série de Fourier, ce qui entraîne :

Si une fonction continue $f(x)$ a tous ses coefficients de Fourier pris entre $-\pi$ et $+\pi$ positifs $f(-\pi) = f(+\pi)$.

Ces deux faits joints au théorème de Pringsheim entraînent que :

Théorème. — *Si une fonction continue entre $-\pi$ et $+\pi$ et analytique au point* o *a tous ses coefficients de Fourier pris entre $-\pi$ et $+\pi$ positifs, $f(-\pi) = f(+\pi)$, elle est analytique partout et son intervalle de convergence est partout au moins égal à l'intervalle à l'origine.*

On en déduit :

Si une fonction analytique de $-\infty$ à $+\infty$ a ses cofficients de Fourier pris de α à $2\pi + \alpha$ positifs, elle est périodique.

Par conséquent, aucun polynome ne peut avoir tous ses coefficients de Fourier positifs, de même plus généralement qu'aucune fonction entière d'ordre inférieur à 1. On a également :

Si à une fonction analytique entre $-\alpha$ et $+\alpha$ on raccorde une fonction qui n'est pas son prolongement et qui est définie de $-\pi$, $-\alpha$ et de $+\alpha$ à π de manière que l'ensemble soit continu de $-\pi$ à $+\pi$, cette fonction ne peut avoir tous ses coefficients de Fourier positifs.

(*) Séance du 2 mai 1949.

Le théorème indiqué contient les généralisations du théorème de Pringsheim en particulier celle de Dienes.

2. Dans le même ordre d'idées, que le théorème de M. Bernstein, il est facile de montrer en utilisant les résultats connus sur les familles normales de fonctions analytiques que :

Si la fonction $f(x)$ est la limite sur le segment $-1, +1$ d'une suite de polynomes à coefficients tous positifs $f(x)$ est analytique entre -1 et $+1$ et l'intervalle de convergence de $f(x)$ à l'origine est au moins égal à 1.

Ce théorème n'est pas susceptible de l'extension classique du théorème de M. Bernstein qui suppose seulement les dérivées *d'ordre pair* positives. On peut en effet construire des fonctions qui ne sont nulle part analytiques et qui sont limites de polynomes dont les coefficients d'ordre pair sont tous positifs.

Mais on peut le généraliser de la façon suivante :

Si $f(x)$ est la limite sur le segment $0, 1$ *d'une suite d'expressions*

$$\varphi_j(x) = \Sigma A_{j,n}\, x^{\lambda_n},$$

les λ_n n'étant pas entiers et les $A_{j,n}$ étant tous positifs, $f(x)$ est analytique sur le segment $0, 1$.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces de recouvrement des rétractes.* Note de M. **Tudor Ganea**, présentée par M. Élie Cartan.

Le but de cette Note est d'établir certaines relations entre le groupe de Poincaré d'un espace topologique et le groupe de Poincaré de l'un quelconque de ses rétractes. Le problème a déjà été étudié par M. K. Borsuk [1], moyennant des hypothèses plus restrictives que les nôtres.

Les espaces topologiques dont il s'agit sont supposés séparés, connexes et localement connexes [2]. Ces trois propriétés se transmettent à leurs rétractes.

Les définitions admises pour les notions d'espace de recouvrement, de connexion simple et de groupe de Poincaré sont les définitions récentes de M. C. Chevalley [3] : elles sont plus générales que leurs correspondants classiques.

$A \subset E$ est rétracte de l'espace E s'il existe une fonction continue φ de E à A, appelée rétraction de E à A, telle que $\varphi(a) = a$ pour tout $a \in A$. Alors, les propositions suivantes sont vraies :

1. *Tout rétracte* A *d'un espace* E *simplement connexe, est un espace simplement connexe.*

En effet soit $(\bar{A}, f)$ un espace de recouvrement de l'espace A. De la connexion

---

(1) *Fund. Math.*, 21, 1933.

(2) N. Bourbaki, *Topologie générale*, Chap. I et II, Paris, 1940.

(3) *Theory of Lie Groups I*, Princeton, 1946.

simple de E résulte (3, p. 50) l'existence d'une fonction continue $\bar{\varphi}$ de E en $\bar{A}$ telle que $\varphi = f\bar{\varphi}$ sur E. La restriction de f à $\bar{\varphi}(A)$ est univalente et fermée, elle est donc un homéomorphisme de $\bar{\varphi}(A)$ à A : il en résulte que f est un homéomorphisme de $\bar{A}$ à A.

2. *Tout rétracte* A *d'un espace* E *admettant un espace de recouvrement simplement connexe* $(\bar{E}, f)$, *admet un espace de recouvrement simplement connexe* $(\bar{A}, f)$. *En plus* $\bar{A}$ *est homéomorphe à un rétracte de* $\bar{E}$.

En effet, soit $\bar{A}$ l'une quelconque des composantes connexes de $f^{-1}(A)$. $(\bar{A}, f)$ est alors un espace de recouvrement de A(3, p. 42). De la connexion simple de $\bar{E}$ résulte l'existence d'une fonction continue $\bar{\psi}$ de $\bar{E}$ à $\bar{A}$ telle que $f\bar{\psi} = \varphi f$ sur $\bar{E}$ et $\bar{\psi}(\bar{a}) = \bar{a}$ pour un point $\bar{a} \in \bar{A}$. Il résulte alors $\bar{\psi}(\bar{a}) = \bar{a}$ pour tout point $\bar{a} \in \bar{A}$, donc $\bar{\psi}$ est une rétraction de $\bar{E}$ à $\bar{A}$. En tant que rétracte de l'espace simplement connexe $\bar{E}$, $\bar{A}$ est d'après 1, simplement connexe.

D'autre part la fonction $\bar{\psi}$ établit une correspondance biunivoque de chaque composante de $f^{-1}(A)$ sur $\bar{A}$.

3. *Soit* E *un espace admettant un espace de recouvrement simplement connexe* $(\bar{E}, f)$. *Soit* A *un rétracte de* E. *Le groupe de Poincaré* $\pi_1(A)$ *de* A *est image homomorphe du groupe de Poincaré* $\pi_1(E)$ *de* E.

En effet associons à chaque élément H de $\pi_1(E)$, l'élément h de $\pi_1(A)$ défini par $h(\bar{a}) = \bar{\psi} H(\bar{a})$, $\bar{a}$ étant un point quelconque de $\bar{A}$, maintenu fixe. Puisque $h_2\bar{\psi}$ et $\bar{\psi}H_2$ sont deux applications continues de $\bar{E}$ en $\bar{A}$ avec $fh_2\bar{\psi} = f\bar{\psi} = \varphi f = \varphi f H_2 = f\bar{\psi}H_2$ sur $\bar{E}$ et $h_2\bar{\psi}(\bar{a}) = h_2(\bar{a}) = \bar{\psi}H_2(\bar{a})$, sur tout l'espace $\bar{E}$ a lieu $h_2\bar{\psi} = \bar{\psi}H_2$. Il en résulte $h_2h_1(\bar{a}) = h_2\bar{\psi}H_1(\bar{a}) = \bar{\psi}H_2H_1(\bar{a})$ qui établit l'homomorphisme de $\pi_1(E)$ en $\pi_1(A)$.

$h(\bar{a}) \in \bar{A}$ et dans chaque composante $\bar{X}$ de $f^{-1}(A)$ existe, selon 2, un point unique $\bar{x}$ tel que $\bar{\psi}(\bar{x}) = h(\bar{a})$. On a $f(\bar{x}) \in A$ donc $\varphi f(\bar{x}) = f(\bar{x})$ d'où

$$f(\bar{a}) = fh(\bar{a}) = f\bar{\psi}(\bar{x}) = \varphi f(\bar{x}) = f(\bar{x}).$$

A ce point $\bar{x}$ correspond donc un élément unique $H \in \pi_1(E)$ tel que $H(\bar{a}) = \bar{x}$. Il en résulte qu'à chaque composante $\bar{X}$ de $f^{-1}(A)$ correspond un élément unique $H \in \pi_1(E)$ tel que $\bar{\psi}H(\bar{a}) = h(\bar{a})$, avec $H(\bar{a}) \in \bar{X}$. Réciproquement à tout élément $H \in \pi_1(E)$ tel que $\bar{\psi}H(\bar{a}) = h(\bar{a})$, correspond une composante unique de $f^{-1}(A)$ qui contient $H(\bar{a})$. Ceci prouve que $\pi_1(A)$ est image homomorphe de $\pi_1(E)$ et qu'il y a correspondance biunivoque entre la famille des composantes de $f^{-1}(A)$ et l'image réciproque de l'élément neutre de $\pi_1(A)$. D'où :

4. *La condition nécessaire et suffisante pour l'isomorphisme des groupes de Poincaré* $\pi_1(E)$ *et* $\pi_1(A)$ *est que* $f^{-1}(A)$ *soit connexe.*

5. *Si pour une partie quelconque* A *de l'espace* E *à espace de recouvrement simplement connexe* $(\overline{E}, f)$, $f^{-1}(A)$ *est connexe, pour tout autre espace de recouvrement* $(\overline{R}, g)$ *de* E, $g^{-1}(A)$ *est connexe.*

6. De 3 résulte *que tout rétracte d'un groupe topologique à espace de recouvrement simplement connexe, sans être en général un espace homogène, possède un groupe de Poincaré commutatif.*

7. La notion de rétracte $A \subset E$ telle que pour tout espace de recouvrement $(\overline{E}, f)$de E, $f^{-1}(A)$ soit connexe, se substitue d'une façon avantageuse à la notion de rétracte par déformation.

GÉOMÉTRIE. — *Le calcul tensoriel et les opérations vectorielles orientées.* Note de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

Parmi les opérations classiques du calcul vectoriel, il en est dont la définition invoque le concept d'*orientation* de l'espace : principalement l'opération algébrique de *multiplication vectorielle* (avec l'opération connexe de multiplication mixte) et l'opération différentielle *rotationnel.*

Un caractère dominant de ces opérations orientées est de ne pas se prêter directement aux notations tensorielles, ce qui oblige parfois à renoncer à leur emploi : des tenseurs antisymétriques du second ordre doivent alors être introduits à la place du produit vectoriel, du rotationnel, du vecteur champ magnétique, etc.

Nous avons cherché, pour notre part, à relier les deux points de vue grâce à un artifice élémentaire qui établit en quelque sorte la liaison entre les algorithmes « intérieurs » et « extérieurs » (1).

Soit, dans l'espace orienté, $\vec{x}_1$, $\vec{x}_2$, $\vec{x}_3$ un trivecteur de coordonnées, orthonormal et direct. Le déterminant

$$\begin{vmatrix} \vec{x}_1 & \vec{x}_2 & \vec{x}_3 \\ \vec{x}_1 & \vec{x}_2 & \vec{x}_3 \\ \vec{x}_1 & \vec{x}_2 & \vec{x}_3 \end{vmatrix},$$

dont on interprète chaque terme comme le produit tensoriel de trois vecteurs, définit un tenseur du troisième ordre ε. Remplacer le trivecteur par un autre également orthonormal et direct, revient à effectuer sur chaque ligne du déterminant en question une même substitution orthogonale directe et le laisse donc invariant. Le tenseur ε est ainsi un élément intrinsèque de l'espace orienté.

(1) Nous introduisions déjà cette notation dans une communication au Congrès National de l'Aviation Française de 1946 : *Sur les rotations d'une particule en suspension.* (Rapport n° 42/133).

Plus explicitement, les composantes des vecteurs unitaires $\vec{x}_i$ étant de la forme δ_i^k (²), les composantes du tenseur s'écrivent

$$\varepsilon_{ijk} = \begin{vmatrix} \delta_1^i & \delta_2^i & \delta_3^i \\ \delta_1^j & \delta_2^j & \delta_3^j \\ \delta_1^k & \delta_2^k & \delta_3^k \end{vmatrix}$$

Ce tenseur préside, par le simple jeu du calcul tensoriel, à la formation de toutes les opérations orientées : $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ étant trois vecteurs, on trouve immédiatement que le scalaire invariant

$$m = \varepsilon_{ijk} a_i b_j c_k$$

n'est autre que le produit mixte de ces trois vecteurs.

Corrélativement, si

$$\vec{d} = \vec{b} \wedge \vec{c}$$

on a en notation tensorielle

$$d_i = \varepsilon_{ijk} b_j c_k.$$

De même si l'on considère un champ vectoriel $\vec{u}$ et son rotationnel $\vec{r}$, on a

$$r_i = \varepsilon_{ijk} \frac{\partial u_k}{\partial x_j}.$$

On voit encore qu'à un tenseur du second ordre T_{jk} s'associe de manière intrinsèque, en géométrie orientée, le vecteur

$$D_i = \varepsilon_{ijk} T_{jk}$$

appelé classiquement *vecteur dual* du tenseur.

D'une façon générale, dans l'espace orienté à n dimensions, on invoquera un *tenseur d'orientation* ε *d'ordre* n qui préside à la définition des opérations orientées. Son introduction permet de saisir l'influence du nombre de dimensions sur le développement du calcul orienté.

Nous nous bornons ici au cas tridimensionnel. Un produit tensoriel du tenseur ε par lui-même conduit par la règle de multiplication des déterminants à l'expression

$$\varepsilon_{ijk}\varepsilon_{lmn} = \begin{vmatrix} \delta_i^l & \delta_i^m & \delta_i^n \\ \delta_j^l & \delta_j^m & \delta_j^n \\ \delta_k^l & \delta_k^m & \delta_k^n \end{vmatrix} = \delta_{ijk}^{lmn}$$

ou *symbole de Kronecker généralisé*.

Une contraction donne ensuite, après développement,

$$\varepsilon_{ijk}\varepsilon_{imn} = \delta_{jk}^{mn} = \delta_j^m \delta_k^n - \delta_j^n \delta_k^m.$$

(²) On sait que le *symbole de Kronecker* δ_j^k représente l'unité si les indices j et k sont identiques, et zéro s'ils sont différents.

Ce résultat condense pratiquement toute la technique du calcul des opérations orientées. Soient par exemple trois vecteurs $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ et le double produit vectoriel

$$\vec{p} = \vec{a} \wedge (\vec{b} \wedge \vec{c})$$

on écrit

$$p_i = \varepsilon_{ijk} a_j \varepsilon_{klm} b_l c_m = (\delta_i^l \delta_j^m - \delta_j^l \delta_i^m) a_j b_l c_m = a_j b_i c_j - a_j b_j c_i,$$

d'où l'expression classique

$$\vec{p} = (\vec{a}.\vec{c})\vec{b} - (\vec{a}.\vec{b})\vec{c}.$$

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'équivalence de la double courbure et de la non-convexité.* Note (*) de M. **Jean Mirguet**, présentée par M. Élie Cartan.

A propos de l'importante classe d'orthosurfaces ([1]) définie par M. Bouligand ([2]) par la condition qu'en chaque point, le ptg_2 (ou paratingent second) ne soit jamais vide, mais réduit partout à un nombre fini de droites (en bref, les orthosurfaces à ptg supérieur fini) ([3]), nous avons montré, dans une précédente Note ([4]), sur un exemple simple, que les points d'appui [ou encore points (α)] et les points à double courbure non dégénérée ([5]) [ou encore points (β)] sont les seules espèces ponctuelles susceptibles de constituer, sur ces surfaces, des ensembles ouverts. Nous nous proposons d'établir ici ce résultat plus général que tout point non — (α) est nécessairement limite de points (β), ce qui donnera le corollaire :

Tout point d'une orthosurface Φ à ptg *supérieur fini qui n'est pas limite de points* (β), *est intérieur à un domaine convexe au sens large.*

Sur Φ, en un point M, ni (α), ni (β), le ctg est un dièdre ou un plan ([6]) et l'on peut choisir un plan ϖ (le plan tangent ou un plan mené par l'arête du ctg) tel que, pour un seul côté de ϖ, l'ensemble (soit : le *dépassement*) des points de la surface, situés de ce côté de ϖ, n'admette en M qu'un nombre fini de demi-tg. Le plan ϖ sera dit : *plan de dépassement.* Dans le cas particulier où M appartient à la fermeture individuelle d'un constituant du dépassement, ce constituant possède en M une seule demi-tg Mt; et, dans le cas plus particulier

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe,* Paris, 1932, p. 82; *Cf.* J. Mirguet, *Annales Sc. de l'Éc. Norm. Sup.*, 51, 1934, p. 225.

([2]) *Bulletin de l'Ac. Polonaise des Sc. et Lettres,* 1930, p. 412.

([3]) J. Mirguet, *La Revue Scientifique,* 85e année, 1947, p. 69.

([4]) *Comptes rendus,* 228, 1949, p. 646-648.

([5]) *La Revue Sc.* (*loc. cit.*), no 9, p. 70.

([6]) J. Mirguet, *Acta Mathematica,* 68, 1937, p. 293.

encore, où Mt aurait un signe défini (7) contraire au signe général des demi-tg en M, le point M sera dit : point (γ) et Mt, demi-tg *opposante* en M.

Soit $\mathcal{O}$ un domaine ouvert de Φ où une même direction Δ de droite (soit : la verticale) est partout exclue du ptg_1 et munie d'un signe; supposons de plus que $\mathcal{O}$ ne porte aucun (β). On voit que, sur $\mathcal{O}$, les points anguleux des intersections verticales ont une concavité locale (8) toujours de même signe (nous le dirons : négatif) et les dépassements éventuels ne pourraient être que du côté positif de leurs plans de dépassement. S'il existait sur $\mathcal{O}$ un point M, ni (α), ni (β), M serait limite de point d'espèce (γ) : en effet, soit $\Delta(M)$ la verticale en M; appelons p un demi-plan issu de $\Delta(M)$ et qui coupe ϖ suivant une demi-droite Mu; on peut toujours prendre Mu assez voisine en direction d'une demi-tg du dépassement en M, pour que l'intersection $p\Phi$ présente un arc MH, issu de M, situé, au départ de M, en dessous de Mu et rejoignant, pour la première fois, ϖ en un point H de Mu; parmi les points de l'arc MH de $p\Phi$ où le parallèle à Mu est d'appui pour l'arc MH et en dessous de cet arc, il y en a un (soit : R) qui est plus loin de Δ (M) que tous les autres; vu l'absence de points (β) sur $\mathcal{O}$, R est, sur MH, à tangente et, par suite, sur Φ, un point (γ).

Or, l'absence de points (β) sur $\mathcal{O}$ rend l'existence d'un point (γ) sur $\mathcal{O}$ contradictoire. En effet, soit S un point (γ) éventuel de $\mathcal{O}$; St, la demi-tg opposante en S; la fermeture du constituant de dépassement en S de demi-tg St, repose sur le plan de dépassement en S, par deux arcs Γ_1 et Γ_2 d'orthocourbes, situés sur Φ, issus de S, chacun à demi-tg unique St en S et placés de part et d'autre de St. Soit A_i un point qui décrit Γ_1 et p_i le demi-plan, issu de la verticale $\Delta(S)$ et passant par A_i; comme précédemment, on voit que, parmi les points de l'arc SA_i de l'intersection $p_i\Phi$ où le parallèle à SA_i est d'appui pour l'arc et en dessous de l'arc, il y en a un (soit R_i) qui est plus loin de $\Delta(S)$ que tous les autres et qui est un nouveau point (γ). Dans un dépassement continu de A_i sur Γ_1, le déplacement de R_i est, non pas biunivoque, mais continu; le lieu ρ_1 de R_i est situé du même côté que Γ_1 du plan P défini par $\Delta(S)$ et St. *De l'autre côté* de P est situé le lieu ρ_2 qui correspond à Γ_2, comme ρ_1 correspond à Γ_1.

On peut toujours, aussi près qu'on veut de S, choisir A_i sur Γ_1 pour qu'au voisinage immédiat de A_i, Γ_1 soit unicursale par rapport à S; alors à tous les A'_i voisins de cet A_i primitif, correspondent biunivoquement des R'_i analogues à ce qu'est R_i pour le A_i primitif. Tous ces R'_i sont, comme R_i, des (γ); le ctg de Φ est en chaque R'_i, comme en R_i, un plan ou un dièdre. Pour $A'_i \to A_i$, donc, pour $R'_i \to R_i$, on choisira comme plan de dépassement en R_i le plan du demi-plan tangent qui regarde R'_i et comme plan de dépassement en R'_i le plan

(7) *La Revue Sc.* (*loc. cit.*), n° 7, p. 69.
(8) *La Revue Sc.* (*loc. cit.*), n° 8, p. 70.

du demi-plan tangent qui regarde R_i. Au plan de dépassement choisi en R_i correspondent deux lieux ρ_{1i} et ρ_{2i}, définis ci-dessus pour S et situés de part et d'autre de la demi-tg opposante $R_i v_i$ en R_i; au plan de déplacement choisi en R'_i correspondent deux lieux analogues ρ'_{1i} et ρ'_{2i}, situés de part et d'autre de la demi-tg opposante $R'_i v'_i$ en R'_i.

Pour $A'_i \to A_i$, on a $R'_i \to R_i$ et $R'_i v'_i \to R_i v_i$, $\rho'_{1i} \to \rho_{1i}$, $\rho'_{2i} \to \rho_{2i}$ et pour R'_i assez voisin de R_i, il finira par exister un point $G = \rho_{1i}\rho'_{2i}$ ou $\rho_{2i}\rho'_{1i}$. En G, la surface Φ présenterait deux tangentes distinctes puisque situées respectivement dans les plans verticaux distincts $R_i G$ et $R'_i G$; G serait donc à plan tangent; mais chacune de ces tangentes porterait une demi-tg positive et ces deux demi-tg positives ne seraient pas opposées, propriété qui n'appartient qu'aux points (β). D'où, la contradiction annoncée, qui achève notre démonstration.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Détermination des couples de surfaces isométriques avec correspondance des lignes de courbure.* Note de Mlle **Simone Lemoine**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Les courbures principales a et c des surfaces admettant deux formes linéaires ϖ_1 et ϖ_2 comme éléments d'arc de leurs lignes de courbure sont généralement solutions du système [1]

$$ac = K, \qquad a^2\xi + c^2\eta = \zeta, \tag{1}$$

qui comporte deux solutions essentiellement distinctes. Nous sommes en mesure de préciser les conditions auxquelles doivent satisfaire ϖ_1 et ϖ_2 pour que ces solutions en a et c vérifient, l'une et l'autre, les équations de Codazzi, c'est-à-dire dans quel cas il existe deux surfaces, S et $\overline{S}$, isométriques avec correspondance des lignes de courbure.

2. En posant $\xi/\zeta = x$, $\eta/\zeta = y$, la résolution de (1) donne

$$a^2 = \frac{1}{2x} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{x^2} - 4K^2\frac{y}{x}}, \qquad c^2 = \frac{1}{2y} \mp \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{y^2} - 4K^2\frac{x}{y}}. \tag{2}$$

Les équations de Codazzi, $a_2 = r(a - c)$, $c_1 = s(c - a)$, s'écrivent encore

$$\frac{1}{2}(a^2)_2 = r(a^2 - K), \qquad \frac{1}{2}(c^2)_1 = s(c^2 - K);$$

elles ne sont vérifiées par les deux couples de valeurs (2) que si l'on a

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{1}{2}\left(\log\sqrt{\frac{1}{x^2} - 4K^2\frac{y}{x}}\right)_2 = r, \qquad \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2x}\right)_2 = r\left(\frac{1}{2x} - K\right),\\ &\frac{1}{2}\left(\log\sqrt{\frac{1}{y^2} - 4K^2\frac{x}{y}}\right)_1 = s, \qquad \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2y}\right)_1 = s\left(\frac{1}{2y} - K\right).\end{aligned}\right. \tag{3}$$

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 461-463.

Soient u et v deux intégrales premières *quelconques* de ϖ_1 et ϖ_2, de sorte que $\varpi_1 = \lambda\, du$, $\varpi_2 = \mu\, dv$, $r = -(1/\mu)(\log\lambda)_v$, $s = -(1/\lambda)(\log\mu)_u$.

En tenant compte de ces valeurs et en intégrant les deux premières équations (3), *avec un choix convenable des paramètres u et v*, nous sommes conduits aux équations

$$\frac{x^2}{\lambda^4} = \frac{y^2}{\mu^4} = 1 - 4K^2xy.$$

Résolvant ces équations par rapport à λ^2/x et μ^2/y, nous obtenons, en tenant compte du fait que nous cherchons des couples de surfaces *réelles* (a^2 et c^2 positifs),

(4) $$\frac{\lambda^2}{x} = \frac{\mu^2}{y} = \sqrt{1 + 4K^2\lambda^2\mu^2},$$

et les deux dernières équations (3) se résument en

(5) $$(\lambda^2)_v dv + (\mu^2)_u du = d\sqrt{1 + 4K^2\lambda^2\mu^2}.$$

3. L'élimination de x et y entre les équations (2) et (4) nous conduit à poser pour les surfaces S et $\overline{\mathrm{S}}$

$$(\mathrm{S}) \begin{cases} a\lambda = \operatorname{ch}\varphi, \\ c\mu = \operatorname{sh}\varphi, \end{cases} \qquad (\overline{\mathrm{S}}) \begin{cases} \bar{a}\lambda = \operatorname{sh}\varphi, \\ \bar{c}\mu = \operatorname{ch}\varphi. \end{cases}$$

Ainsi, ds'^2 désignant le carré de l'élément linéaire sphérique, *il existe un choix des paramètres u et v pour lequel les formes quadratiques des surfaces* S *et* $\overline{\mathrm{S}}$ *isométriques avec correspondance des lignes de courbure sont respectivement*

$$(\mathrm{S}) \begin{cases} ds^2 = \lambda^2\, du^2 + \mu^2\, dv^2, \\ \Phi = \lambda \operatorname{ch}\varphi\, du^2 + \mu \operatorname{sh}\varphi\, dv^2, \\ ds'^2 = \operatorname{ch}^2\varphi\, du^2 + \operatorname{sh}^2\varphi\, dv^2, \end{cases} \qquad (\overline{\mathrm{S}}) \begin{cases} d\bar{s}^2 = \lambda^2\, du^2 + \mu^2\, dv^2, \\ \overline{\Phi} = \lambda \operatorname{sh}\varphi\, du^2 + \mu \operatorname{ch}\varphi\, dv^2, \\ d\bar{s}'^2 = \operatorname{sh}^2\varphi\, du^2 + \operatorname{ch}^2\varphi\, dv^2, \end{cases}$$

avec

(6) $$\frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} + \operatorname{sh}\varphi \operatorname{ch}\varphi = 0,$$

et, d'après (5),

(7) $$\frac{1}{\mu}\frac{\partial\lambda}{\partial v} = \frac{\partial\varphi}{\partial v}, \qquad \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\mu}{\partial u} = \frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

L'intégration de (6) introduit deux fonctions arbitraires d'un argument; celle du système (7) en introduit deux autres : ainsi se trouve vérifiée la proposition due à M. É. Cartan [2] : *les couples de surfaces isométriques avec conservation des lignes de courbure forment une classe dépendant de quatre fonctions arbitraires d'un argument.*

---

[2] *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945, p. 148.

Des formes quadratiques semblables aux précédentes ont été obtenues par M. V. Lalan dans un problème différent ([3]), mais avec d'autres conditions pour λ et μ. La ressemblance entre les deux problèmes s'accroît encore du fait qu'à tout couple de surface S, $\overline{S}$ correspond, comme on sait ([4]), un couple de surfaces à courbure totale constante égale à un, Σ et $\overline{\Sigma}$, sur lesquelles les lignes de courbure se correspondent tandis que les courbures principales s'échangent. M et $\overline{M}$ étant deux points correspondants de S et $\overline{S}$, Σ et $\overline{\Sigma}$ sont les lieux des points P et $\overline{P}$ définis par

$$P_u = -\bar{a} M_u, \qquad \overline{P}_u = -a \overline{M}_u,$$
$$P_v = -\bar{c} M_v, \qquad \overline{P}_v = -c \overline{M}_v.$$

Les courbures principales de Σ sont $-(a/\bar{a})$ et $-(\bar{a}/a)$; celles de $\overline{\Sigma}$ sont $-(\bar{a}/a)$ et $-(a/\bar{a})$. Σ et $\overline{\Sigma}$ forment un couple d'Hazzidakis.

ÉLASTICITÉ. — *Détermination du domaine élastique intrinsèque par mesure de la dureté hertzienne.* Note (*) de MM. **Jacques Pomey, Louis Abel** et **François Goutel**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons donné un exemple de relevé de courbe intrinsèque de la limite élastique de A. Caquot; nous nous proposons, par la présente Note, d'exposer la méthode de calcul élasticimétrique employée.

D'après H. T. Huber, S. Fuchs et Hertz ([2]), on obtient les formules suivantes pour les contraintes en un point du plan $x = 0$ d'un solide semi-indéfini plan, pressé élastiquement par une bille de même module élastique :

$$X = q_0\left[\frac{1-2m}{3}\,\frac{1}{\rho^2}(1-h)^3 + h\left(2m + \frac{(1-m)u}{a^2+u} - (1+m)\frac{\sqrt{u}}{a}\operatorname{Arctg}\frac{a}{\sqrt{u}}\right)\right],$$

$$Y = -q_0\left[\frac{1-2m}{3}\,\frac{1}{\rho^2}(1-h)^3 + h^3\frac{a^2}{u+a^2h^2} + h\left(\frac{(1-m)u}{a^2+u} - (1+m)\frac{\sqrt{u}}{a}\operatorname{Arctg}\frac{a}{\sqrt{u}} - 2\right)\right],$$

$$Z = q_0 h^3\frac{a^2}{u+a^2h^2},$$

$$T_{yz} = q_0\frac{h^2\rho a^3\sqrt{u}}{(u+h^2a^2)(a^2+u)},$$

où z est la profondeur du point étudié par rapport au plan xoy supposé coïn-

---

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 383-384.

([4]) B. Gambier, *Applicabilité des surfaces étudiée au point de vue fini* (*Mémor. des Sc. Math.*, 31, Paris, 1928, p. 27).

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 223-224.

([2]) M. T. Huber, *Ann. der Physik*, 14, 1904, p. 153; S. Fuchs, *Physik Zeits.*, 14, 1913, p. 1282; Hertz, *Gesamte Werke*, 1, 1895, p. 174 à 196.

cider avec l'aire de contact (*fig.* 1); $\rho = y/\alpha$; $h = z/\sqrt{u}$; u étant défini par la relation

$$\frac{x^2+y^2}{a^2+u}+\frac{z^2}{u}=1,$$

$u>0$ (et $u=0$ pour $|y|<a$, $z=0$); m est la coefficient de Poisson; Tyz est le cisaillement lorsque les composantes XYZ de la contrainte ne sont pas les contraintes principales; q_0 est la pression maxima au centre O du cercle de contact et est donnée par la formule de Hertz.

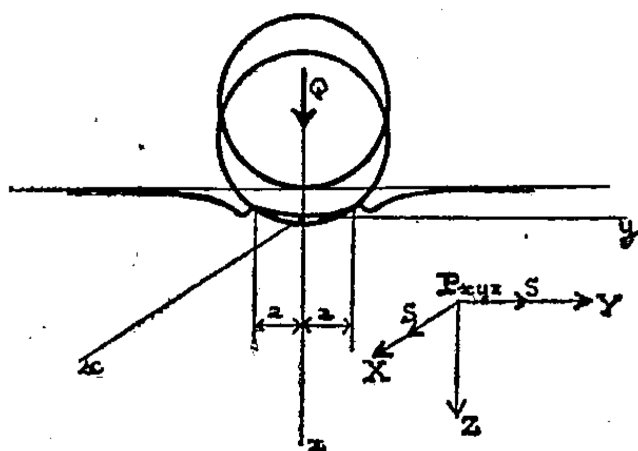
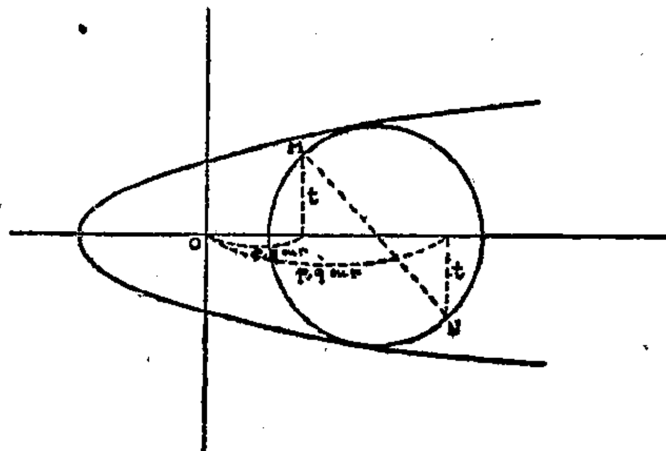


Fig. 1.


Fig. 2.

Supposons qu'une contrainte préalable de composante

$$X=S \qquad Y=S \qquad Z=0 \qquad Txy=0,$$

fonction supposée connue de z, soit appliquée au solide plan en plus de la pression de la bille. On peut, en tout point P, calculer les forces

$$p=X+S \qquad q=Y+S \qquad r=Z \qquad t=Tyz,$$

et déterminer les cercles de Mohr correspondants dont l'enveloppe des plus grands est la courbe intrinsèque cherchée.

Valeur de S (compressions > o).	Coordonnées du point P		Coordonnées des deux points M et N définissant le cercle		
	z.	y.	p, q, ou r.		t.
S $\gtrless$ o………	o	a	o	$0,133 q_0 + S$	o
	$\frac{a}{3}$	$\frac{a}{2}$	$0,78\ q_0$	$0,22\ q_0 + S$	$0,143 q_0$
	$\frac{5a}{12}$	a	$0,24\ q_0$	$0,19\ q_0 + S$	$0,194 q_0$
	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{2}$	$0,652 q_0$	$0,17\ q_0 + S$	$0,154 q_0$
Si S > o……	$\frac{a}{2}$	o	$0,8\ q_0$	$0,18\ q_0 + S$	o
Si S < o……	$\frac{a}{3}$	o	$0,9\ q_0$	$0,3\ q_0 + S$	o

Pour simplifier le travail, l'exploration a été limitée à cinq points P convenablement choisis dans le solide et dont les coordonnées sont indiquées au tableau ci-dessus. La position de P correspondant au cercle le plus dangereux varie suivant le signe et la grandeur de S, ainsi que le choix des deux valeurs parmi p, q et r définissant le plus grand des trois cercles de Mohr du point P.

On procède expérimentalement comme indiqué dans une Note précédente [3] en prenant un disque plan à faces parallèles d'épaisseur e, déformé en calotte sphérique de rayon R_2 mesuré, et déterminant la charge Q correspondant à la limité élastique à la compression par l'action d'une bille de rayon R_1. On en déduit par le calcul

$$S=\frac{E}{R_2}\left(\frac{e}{2}-z\right), \qquad q_0=\frac{3Q}{2\pi a^2}, \qquad a=\sqrt[3]{\frac{3}{2}Q\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\,\frac{1-m^2}{E}};$$

reportant les valeurs ainsi obtenues dans le tableau, on construit les cercles de Mohr pour les points choisis de la matière, et trace la courbe enveloppe dont un exemple a été donné précédemment [1].

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la renormalisation de masse et certains aspects de la théorie du rayonnement.* Note (*) de M. **Philippe Meyer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Après les expériences sur le déplacement des niveaux d'énergie de l'hydrogène, Bethe [1] donna une première explication non relativiste du phénomène. Puis Schwinger [2] traita le problème de l'interaction du rayonnement et de la matière d'une façon relativiste. Dans ces travaux, on trouve à la base de tous les résultats l'hypothèse fondamentale suivante : l'énergie propre de l'électron, bien qu'infinie au stade actuel de la théorie, agit comme une masse électromagnétique déjà incluse dans la masse expérimentale de l'électron.

Le but du présent Mémoire est d'examiner la façon dont cette hypothèse peut être transposée dans le cas non relativiste.

Considérons l'équation de Schrödinger du système électron + rayonnement

$$(1) \qquad i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}=\left[\frac{P^2}{2m_0}+\frac{e}{m_0c}(\vec{P}.\vec{A})+\frac{e^2}{2m_0c^2}A^2+V(r)+H_{\text{rayonn}}\right]\Psi.$$

Après s'être placé dans une représentation interaction par rapport au rayonnement, on isole la masse électromagnétique de l'électron en utilisant comme

(3) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 96.

(*) Séance du 2 mai 1949.

(1) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 241.

(2) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 416; *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1439; *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 651.

(3) *Nuovo Cimento*, 15, 1938, p. 167.

Schwinger une transformation unitaire qui élimine les effets du premier ordre en e du deuxième terme de (1).

Après la transformation e^{-iS} où $S = \frac{e}{\hbar m_0 c} \int \vec{P}.\vec{A}\, dt$, l'équation (1) devient

$$(2)\qquad i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left\{ \frac{P^2}{2m_0} + \frac{i\hbar}{2}\left(\frac{e}{\hbar m_0 c}\right)[S, \vec{P}.\vec{A}] + e^{iS} V(r) e^{-iS} + \frac{e^2}{2m_0c^2}A^2 + \frac{ie^2}{2m_0c^2}[S, A^2] + \ldots \right\} \psi.$$

Si l'on développe le potentiel vecteur en série de Fourier, on obtient

$$(3)\qquad \frac{ie}{2m_0c}[S, \vec{P}.\vec{A}.] = -\frac{P^2}{2m_0} \frac{4e^2}{3\pi m_0 c^3} \int_0^\infty d\nu + e^2 f(q_\lambda q_{\lambda'}, q_\lambda q_{\lambda'}^*, q_\lambda^* q_{\lambda'}^*),$$

où q_λ et q_λ^* sont respectivement les opérateurs de création et d'annihilation d'un photon. Le premier terme de l'expression (3) est précisément l'énergie électromagnétique infinie de l'électron que Bethe utilise pour renormaliser la masse expérimentale. On devra donc grouper les termes en p^2, et désigner par m la masse résultante qui est supposée être la masse expérimentale de l'électron. Ainsi l'équation du mouvement devient

$$(4)\qquad i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left[\frac{P^2}{2m} + V(r) + \frac{e}{mc}\left(\int \vec{A}\, dt . \operatorname{Grad} V\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{e}{mc}\right)^2 \int A_i dt \int A_\mu dt \frac{\partial^2 V}{\partial x_i \partial x_\mu} + e^2 F + \frac{e^2 A^2}{2mc^2} + O(e^3) \right] \psi.$$

Pauli et Fierz ([3]) ont obtenu par d'autres méthodes une équation de ce type dans le cas particulier où l'on néglige les effets du recul.

On peut aisément expliciter la forme de F, mais nous n'aurons pas à nous en servir dans la suite, F étant une fonction quadratique en q_λ et q_λ^*.

Il nous reste maintenant à légitimer à l'aide de quelques exemples l'emploi de l'hamiltonien de l'équation (4). Pour cela nous choisirons l'effet photo-électrique et le *Bremsstrahlung*. Nous ne donnerons que le résultat des calculs. On obtient pour la section efficace de l'effet photo-électrique d'un électron K quand on se place loin de la fréquence-seuil

$$(5)\qquad d\Phi = 8Zr_0^2\gamma^6 \frac{Pc}{k^3 q^4}\left(\frac{|q|}{\gamma} - \operatorname{arctg}\frac{|q|}{\gamma}\right)^2 \sin^2\theta \cos^2\varphi\, d\Omega,$$

$$\gamma = \frac{\mu e^2 z}{\hbar c}, \qquad r_0 = \frac{e^2}{\mu}, \qquad \vec{q} = \vec{P}c - \vec{k}, \qquad |\vec{k}| = \hbar\nu, \qquad \theta = \operatorname{angle}(\vec{k}\vec{P});$$

φ est l'angle entre le plan $(\vec{P}.\vec{k})$ et le plan formé par $\vec{k}$ et la direction de polarisation. Étant donné que les énergies sont non relativistes, l'expression (5) peut se simplifier

$$(6)\qquad d\Phi = 8Zr_0^2\gamma^4 \frac{(2k\mu)^{\frac{1}{2}}}{k^3(2k\mu a - \gamma^2)} \sin^2\theta \cos^2\varphi\, d\Omega, \qquad a = 1 - \frac{v}{c}\cos\theta.$$

Il en résulte une section efficace qui ne diffère de celle obtenue avec l'hamiltonien de l'équation (1) généralement utilisé que par un facteur $(1-(v/c)\cos\theta)^3$, rendant ainsi impossible toute différentiation expérimentale.

Étudions maintenant le *Bremsstrahlung*. A l'approximation de Born on obtient pour la probabilité de diffusion d'un électron d'impulsion initiale $\vec{P}_0$ et d'impulsion finale $\vec{P}$ avec émission d'un photon d'énergie entre ν et $\nu + d\nu$.

$$(7)\qquad d\sigma_1 = \frac{8}{3\pi}\alpha\left(\frac{Ze^2}{c}\right)^2\frac{d\nu}{\nu}\frac{1}{|\vec{P}_0-\vec{P}|^2}\frac{P}{P_0}d\Omega;\qquad \alpha=\frac{e^2}{\hbar c}.$$

Pour avoir la section efficace totale de diffusion, il faudra intégrer l'expression (7) de $\nu = 0$ à $\nu = E_0/\hbar$ (E_0 étant l'énergie cinétique initiale de l'électron), et lui ajouter en plus de la section efficace de Rutherford $d\sigma_0$ une correction de rayonnement à la diffusion élastique. Cette dernière pourrait se calculer à l'aide des termes de (4) qui sont du deuxième ordre en e. Mais le résultat a déjà été obtenu par Pauli et Fierz ([3]). Ils trouvent

$$(8)\qquad d\sigma_2 - d\sigma_0 = -\frac{8}{3\pi}\alpha\left(\frac{Ze^2}{c}\right)^2\int_{\nu_0\to 0}^{\nu_1}\frac{d\nu}{\nu}\frac{d\Omega}{4P_0^2\sin^2\frac{\theta}{2}};\qquad \theta = \text{angle}(\vec{P}_0\vec{P}).$$

On posera comme Bethe $\hbar\nu_1 = mc^2$. La somme des expressions (7) et (8) rend la section efficace convergente. Après avoir intégré $d\sigma_1$, on obtient pour la correction fractionnelle à la section efficace totale de diffusion dans un angle θ

$$(9)\qquad \frac{\delta\, d\sigma}{d\sigma_0} = \frac{8\alpha}{3\pi}\frac{v^2}{c^2}\sin^2\frac{\theta}{2}\left[\ln\frac{mc^2}{8E_0} + \ln 2 + (\pi-\theta)\,\mathrm{tg}\frac{\theta}{2} + \frac{\cos\theta}{\cos^2\frac{\theta}{2}}\ln\left(\csc.\frac{\theta}{2}\right)\right].$$

Schwinger a calculé $\delta\, d\sigma$ d'une façon relativiste ([4]). A la limite $v/c \ll 1$, son résultat est identique à (9) si l'on remplace $\ln 2$ par la constante $19/30$.

ÉLECTRONIQUE. — *Fluctuations de courant dans une diode plane, compte tenu de la charge d'espace et du temps de transit.* Note (*) de M. **Albert Pérez**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. Hypothèses de base. — 1° *Émission Poissonniène des électrons; 2° modèle unidimensionnel; 3° linéarisation* : en admettant que les fluctuations (écarts par rapport aux valeurs moyennes) sont faibles par rapport à ces valeurs moyennes, on considère la diode comme un dispositif linéaire pour les fluctua-

---

([4]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 898.

(*) Séance du 2 mai 1949.

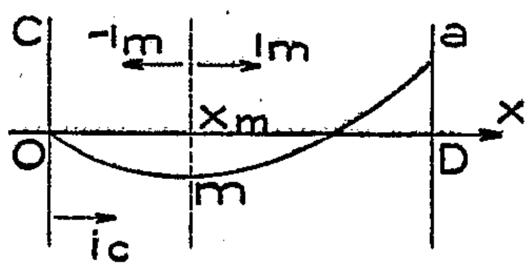
tions, ayant son « entrée » à la surface cathodique et dont la *réponse* (rapport, pour chaque fréquence, de la fluctuation du courant extérieur ou courant total de Maxwell à celle de l'émission) ne dépend que de l'état moyen du système.

Il est possible ([1]), à partir de cette *réponse*, de faire l'étude du *second ordre* de la transmission des fluctuations.

Le fait de « linéariser » entraîne une limitation en fréquence. En effet, on doit comparer la valeur moyenne $\bar{n}$ du nombre d'électrons émis *par période* aux écarts de ce nombre; considérant la valeur quadratique moyenne de cet écart, qui, d'après la loi de Poisson, est égale à $\bar{n}$, on voit que ce n'est que si $\bar{n}$ est grand par rapport à l'unité, que l'on a le droit de linéariser, ce qui devient de moins en moins vrai en augmentant la fréquence.

Si $\bar{n}$ est grand, on peut aussi étendre l'étude du second ordre à tous les ordres et, ainsi, déduire toutes les propriétés statistiques du bruit à la *sortie* de celles à l'*entrée;* elles résultent de la *corrélation*, calculée à partir de la réponse pour toutes les fréquences (approximation Laplacienne).

II. Modèle simplifié. — On admet que les seuls changements importants intervenant dans la distribution et le mouvement des charges spatiales, par suite des *écarts* i_c, à l'émission, sont exprimés par la présence des deux courants de *convection* de densité i_c, partant de la cathode, et i_m, partant du potentiel minimum (*voir fig.* 1), le mouvement des charges étant déterminé uniquement



par l'état moyen du système (effet primaire). On néglige donc toute autre modification dans l'état moyen de la charge spatiale. D'ailleurs celle-ci présente une *inertie;* or le calcul montre que le rapport de l'amplitude du champ primaire, qui pourrait l'écarter de son état moyen, au courant total, diminue en moyenne quand la fréquence augmente; il est donc évident que le fait de négliger les autres courants de convection (effet secondaire) est au moins aussi légitime pour les hautes fréquences que pour les basses.

Ainsi, si, pour les *basses fréquences*, on peut retrouver les résultats déjà établis par différents auteurs ([2]), qui ont résolu les équations *complètes* avec les hypothèses de base, 1°, 2°, 3° et, de plus, 4° : changements *très lents* autour de l'état moyen, notre approximation sera également valable pour les *plus hautes fréquences.*

([1]) A. Blanc-Lapierre, *Revue scientifique*, n° 3254, juin-juillet 1946, p. 75.

III. Méthode de calcul. — Étant donnée l'indépendance entre les différents groupes de vitesses, on calcule la réponse $\gamma(v_0, p)$, où v_0 est la vitesse initiale du groupe d'électrons considéré et $p=j\omega$ (ω, pulsation), puis on ajoute les carrés moyens pour toutes les vitesses d'émission, en tenant compte de la distribution de Maxwell.

IV. Calcul de γ. — 1° *Loi de l'indépendance du courant total* J *par rapport à x.* — Pour le modèle simplifié, d'après 2°,

$$\{ i_m[t-\tau(x, 0)] + i_c[t-\tau'(x, v_0)] \} + \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}(t, x) = J(t);$$

τ et τ', temps de transit pour que les charges portées par i_m et i_c arrivent de leurs origines respectives au point d'abscisse x.

2° *Conditions aux limites.* — I. *Tension constante* aux bornes de la diode. II. Sur la base d'une répartition de vitesse maxwellienne et en admettant qu'une variation $\Delta V_m(t)$ du potentiel minimum influe essentiellement sur les électrons dont la vitesse est autour de zéro au potentiel minimum : $i_m(t) = I e/kT . \Delta V_m(t)$ (I courant moyen, e charge électronique, k constante de Boltzmann, T température absolue de la cathode).

Pour résoudre cette équation (notamment pour isoler les τ) on utilise la transformation de Laplace.

L'intégrale curviligne de O à D du champ électrique primaire est, d'après la condition I, égale à zéro, d'où une première équation avec comme inconnue $\mathcal{L} i_m$ et $\mathcal{L}J$. L'intégrale curviligne de O à x_m du même champ est égale à ΔV_m, d'où, d'après la condition II, une seconde équation avec les mêmes inconnues. En éliminant $\mathcal{L} i_m$ on obtient la réponse.

V. Résultats. — A partir de tableaux ([3]) donnant, en variables réduites, l'état moyen de la diode plane, on a calculé $\gamma(v_0, p)$ pour $p=0$ (ou $p \to 0$) et l'on a formé de nouveaux tableaux qui couvrent tout le domaine des basses fréquences. (Il suffit qu'il y ait un potentiel minimum.)

La correspondance avec les résultats connus ([2]) est très satisfaisante.

Pour p grand intervient un nouveau paramètre : $(T^{1/4}.I^{-1/2}.p)$.

On a trouvé dans le domaine des ondes décimétriques une *augmentation avec la fréquence* des fluctuations de courant dues à l'émission Poissonniène, qui pourrait expliquer, dans une certaine mesure, les bruits élevés observés, avant de recourir aux autres sources de bruit.

([2]) North, Thomson et Harris, *R. C. A. Rev.*, 4, 1940, p. 441 et 5, 1940, p. 106; Rack, *B. S. T. J.*, 17, 1938, p. 592; Spenke, *Wiss. Ver. a. d. Siemens Werken*, 16, 1937, p. 19.

([3]) *P. H. J. A. Kleymen. Philips Res. Rep.*, janv. 1946, vol. I, n° 2, p. 81.

OPTIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la diffusion moléculaire de la lumière par les gaz et l'absorption atmosphérique.* Note (*) de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. La validité de la formule de Rayleigh-Cabannes relative aux gaz parfaits

$$R = \frac{\pi^2}{2n\lambda^4}(\mu^2 - 1)^2 \frac{6(1+\rho)}{6-7\rho} \qquad (1)$$

(n, nombre de molécules par centimètre cube; μ, indice de réfraction; ρ, facteur de dépolarisation) ([1]) a été mise en doute ces dernières années, en particulier dans ses applications à l'étude de l'absorption atmosphérique ([2]).

D'autre part, son extension sous la forme

$$R' = (1 + 2B\Delta)R, \qquad (2)$$

au cas des gaz éloignés de l'état parfait obéissant à l'équation d'état

$$\frac{p}{\Delta} = \alpha T(1 - B\Delta)$$

a été également contestée [([1]), p. 158].

2. Il n'existait jusqu'ici que deux mesures absolues déjà anciennes de la lumière diffusée par les gaz, celle de J. Cabannes sur l'argon ([3]) et celle de P. Daure sur le chlorure d'éthyle ([4]); elles conduisaient toutes deux à des valeurs du nombre d'Avogadro trop fortes de 10 à 15 %. Quant aux valeurs tirées de l'absorption atmosphérique, il leur manquait la confirmation de mesures directes précises au laboratoire sur l'air pur et privé de poussières.

3. J'ai effectué des mesures précises de R sur l'argon, l'air et le chlorure d'éthyle à l'aide du montage précédemment décrit ([5]), par une méthode de double pesée à tare constante, par comparaison avec un diffuseur de magnésie soigneusement étalonné en valeur absolue avant et après les mesures.

Ces mesures ont donné les valeurs suivantes de R_0 (0°, 760^{mm}) et de ρ (valeur admise $\rho = 0$ pour l'argon), relatives à la radiation de longueur d'onde $\lambda = 4350 \pm 2$ Å.

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1929, p. 44.

([2]) J. Duclaux, *Jour. de Phys.*, 6, 1935, p. 323, 401; 10, 1939, p. 367; 1, 1940, p. 41; 7, 1946, p. 217.

([3]) *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 852.

([4]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2032.

([5]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 914.

	Argon.	Air.	C_2H_5Cl.
ρ	(0)	0,0310	0,0142
e. p....................	–	± 5	± 5
$10^8 R_0$....................	1,688	1,818	26,25
e. p....................	± 15	± 16	± 30
$10^{-23}N$....................	5,99	5,98	6,09
e. p....................	±07	±07	±10

Les valeurs du nombre d'Avogadro $N = 22.412 n_0$ sont déduites de R_0 par la formule (1).

L'air et l'argon donnent $10^{-23}N = 5,985 \pm 0,05$ e. p., en excellent accord avec la valeur admise $6,023 \pm 0,001$ e. p. (6).

Le chlorure d'éthyle donne aussi une valeur convenable de N par la formule (2), avec $B = +0,049$, calculé à partir des constantes critiques (7) par les formules de D. Berthelot (8).

4. Les deux meilleures déterminations de N déduites des études sur l'absorption atmosphérique, celle de Tien-Kiu, rectifiée par Dufay (9) ($6,216 \pm 0,085$) et celle de A. et E. Vassy (10) ($6,11 \pm 0,06$) sont nettement améliorées par la nouvelle valeur du facteur de dépolarisation de l'air (11) qui conduit à

$$6,10 \pm 0,085 \ (T-K) \quad \text{et} \quad 6,00 \pm 0,06 \ (V).$$

5. On a donc maintenant 5 valeurs indépendantes et concordantes du nombre d'Avogadro fournies par les études sur la diffusion ou l'absorption moléculaire de la lumière, dont la moyenne

$$10^{-23} N = 6,02 \pm 0,03 \text{ e. p.}$$

coïncide avec celle que fournissent les méthodes les plus précises de détermination N.

De plus la valeur fournie par la diffusion de la lumière observée au laboratoire concorde très convenablement avec celles déduites de l'absorption atmosphérique.

La validité générale et rigoureuse (au moins à 1 % près) de la formule de Rayleigh-Cabannes paraît donc bien établie dans tous les cas et, en particulier, son application à l'étude de l'absorption atmosphérique est entièrement justifiée.

(6) R. T. Birge, *Reports on Progress in Physics*, 8, 1941, p. 118.
(7) *Tables de Landolt-Börnstein*, V, p. 253.
(8) *Société française de Physique, Recueil de Constantes*, Table 82 a.
(9) *Journal de Physique*, 9, 1938, p. 297; 1, 1940, p. 251.
(10) *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 411.
(11) G. de Vaucouleurs, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1416.

RAYONS X. — *Sur une structure particulière de certains bioxydes de manganèse.* Note de MM. **Jean Brenet** et **André Héraud**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note précédente [1] nous avons indiqué certaines particularités de structure des bioxydes de manganèse activés en vue d'accroître leur pouvoir dépolarisant.

En particulier, nous avons rappelé le rapport que Drotschmann [2] avait voulu voir entre l'activité dépolarisante d'un bioxyde et la présence d'un anneau de Debye correspondant à l'angle de Bragg de 14° pour la radiation K_α du fer.

Nous avons repris l'étude plus approfondie des diagrammes d'une vingtaine d'échantillons d'origines diverses, soit naturelles, soit artificielles, ou résultant de traitements d'activation de bioxydes naturels. Nous avons pu classer ces diagrammes en trois catégories distinctes :

a. Les diagrammes obtenus à partir de bioxydes qui correspondent strictement à la structure de la pyrolusite, c'est-à-dire au système quadratique centré, et ne contenant absolument que les anneaux propres à cette structure.

b. Les diagrammes caractérisés par l'absence de certains anneaux de la pyrolusite, mais qui ne révèlent aucun autre anneau étranger à cette même pyrolusite. Dans ces diagrammes, les anneaux les plus remarquables de la structure pyrolusite se retrouvent toujours; en particulier, ceux qui correspondent aux systèmes de plans dont les indices sont (101), (111), (121) et parfois (110) également.

c. des diagrammes présentant tous les anneaux, ou les plus importants parmi eux, de la structure quadratique centrée correspondant à la pyrolusite, et en plus des anneaux généralement un peu diffus ou faibles que nous nommerons anneaux supplémentaires.

En considérant alors uniquement ces anneaux supplémentaires, nous avons pu établir qu'ils s'incorporaient tous parfaitement dans un ensemble qui aurait pour origine un système cristallin du type hexagonal. Les constantes a et c, et c/a de ce système ont toujours des valeurs égales ou très voisines de

$$a = 7{,}9\,\text{Å}, \qquad c = 4{,}8\,\text{Å} \qquad \text{et} \qquad \frac{c}{a} = 0{,}61.$$

Tout se passe donc comme si l'on était en présence de deux systèmes de cristaux coexistant dans les échantillons : l'un quadratique de la pyrolusite, et l'autre hexagonal, d'origine mal définie, et pour lequel, dans l'état actuel des recherches, on ne peut que formuler des hypothèses.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 413.
(2) *Trockenbatterien*, Leipzig; 1944.

Il y a lieu de bien noter qu'à notre avis ce sont ces anneaux supplémentaires qui ont pu maintes fois ([3]) faire admettre que l'on était en présence de plusieurs variétés de bioxydes notées MnO_2, α, β, ou γ.

Le diagramme complet correspondant au système hexagonal n'a pu être relevé que dans quelques échantillons, d'origine naturelle d'ailleurs. Dans d'autres cas, où il n'apparaît que certains anneaux de ce système hexagonal, on est en présence de bioxydes activés, et de plus, nettement moins bien cristallisés. Ceci se traduit même sur les anneaux de la pyrolusite par un certain élargissement et un affaiblissement considérable, voire même une disparition complète de certains d'entre eux, que nous avons signalée par ailleurs ([1]).

Nous devons donc, en résumé, observer que les bioxydes présentant la structure complète de la pyrolusite type rutile du groupe *a*, ont des qualités dépolarisantes et catalytiques infiniment moindres. Ces qualités sont accrues lorsque nous passons des bioxydes du groupe *a* aux bioxydes du groupe *b* ou aux bioxydes du groupe *c*.

Dans ces deux cas, *b* et *c*, les plus actifs, sont ceux qui présentent des diagrammes incomplets. tant du point de vue du système quadratique pour la catégorie *b*, que du point de vue du système quadratique et hexagonal pour la catégorie *c*.

Quant à l'existence d'anneaux supplémentaires dans les bioxydes du groupe *c*, nous devons signaler un phénomène analogue observé récemment par J. Rose ([4]) à propos d'oxydes de zinc activés du point de vue catalytique. Dans ce cas, en effet, les anneaux supplémentaires semblent liés aux conditions de préparation de ZnO, et seraient dus, selon cet auteur, à la présence d'un hydrozincite.

On peut faire le rapprochement de ces deux observations (apparition d'anneaux supplémentaires et activation) dans MnO_2 et ZnO. Cette similitude se poursuit également dans le fait que selon le mode d'activation de l'un ou de l'autre, on peut ou non obtenir un diagramme du type *c*.

RAYONS COSMIQUES. — *Évidence d'une dissymétrie Est-Ouest dans la répartition des traces isolées dues aux rayons cosmiques.* Note de M. **Max Morand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Une interprétation satisfaisante des traces isolées, dues aux rayons cosmiques, dans les plaques photographiques, semble nécessiter de nouvelles observations. J'ai donc réalisé, en différents points à la surface du globe, des expositions de

---

([3]) Dubois, *Thèses*, Paris, 1935; Glemser, *Berichte der Deuts. Chemischen Gesel.*, (2), 72, 1939, p. 1879.

([4]) *Bull. Soc. Fr. de Minéralogie*, janvier-mars 1948, p. 18-62 et 75-106.

plaques nucléaires, soigneusement orientées et repérées, sous des latitudes et à des altitudes aussi favorables que possible. Des plaques (Ilford $C_2 + B$) ont déjà été exposées environ deux mois sur le Hoggar [1] (2300^m, 22° lat. N), et au Congo Belge [2] (Costermansville, 1600^m, 2° lat. S). Le plan des émulsions était vertical, perpendiculaire à la direction N-S. Les plaques étaient enfermées dans des boîtes en aluminium très minces ($0^{mm},2$) et abritées sous quelques millimètres de bois. Afin de réduire l'effet de l'absorption des rayons cosmiques à travers les plaques, ainsi que le nombre des traces provenant de phénomènes secondaires locaux, seule la partie supérieure des plaques a été explorée. Les traces isolées observées sont, en majorité, imputables à des protons. Les courbes des figures 1 et 2 reproduisent les répartitions des pro-

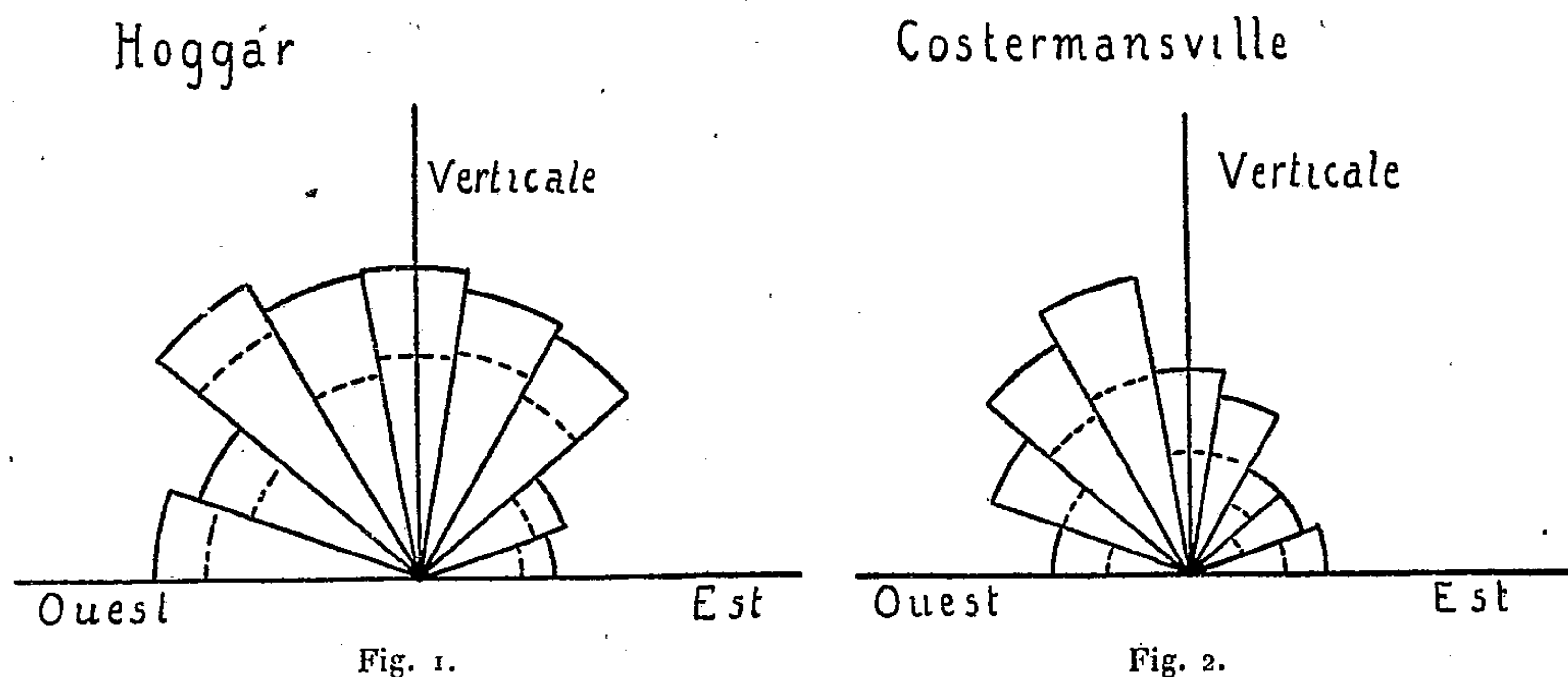


Fig. 1. Fig. 2.

jections de ces traces sur le plan de l'émulsion; toutefois, on a supprimé les traces dont le sens a pu être déterminé et qui vont en remontant dans l'émulsion, ainsi que celles qui prennent naissance dans l'émulsion. La courbe 1 (observateur : M. Beets, nombre total de traces environ 300) fait apparaître un excès de 30 traces du côté Ouest par apport au côté Est. Cet excès correspond à peu près au double de l'écart standard que l'on obtiendrait en supposant qu'une trace a une probabilité égale de se projeter à gauche ou à droite de la verticale. La dissymétrie de la courbe 2 (observateur : M. Hérion, environ 100 traces) est encore plus marquée. L'écart observé est supérieur à deux fois l'écart standard correspondant, et il y a environ deux fois plus de traces venant de l'Ouest que de traces venant de l'Est. Les écarts observés sont donc significatifs. Par conséquent, sous bénéfice d'une étude plus complète actuellement en cours pour éliminer toute cause fortuite d'origine non géomagnétique, il est raisonnable d'examiner les circonstances possibles et les conséquences à tirer de cette dissymétrie.

(1) Par M. et Mme Vassy et M. Grenet, Directeur de l'Observatoire de Tamanrasset.

(2) Par MM. Vander Elst et Joye.

Bien que ces expositions correspondent à la traversée d'une épaisseur très notable d'atmosphère, les résultats obtenus paraissent montrer qu'une partie importante des traces isolées (de protons) est en relation directe avec les particules cosmiques primaires subissant l'action du champ magnétique terrestre (énergie maximum : quelques dizaines de Bev). Le phénomène de transparence des noyaux (lorsque l'énergie du nucléon incident ne permet pas la création multiple de mésons réels), déjà étudié ([3]) avec des nucléons expérimentaux (Berkeley) ou cosmiques (étoiles correspondant à des évaporations nucléaires de grande énergie), permet d'expliquer ces faits. Il n'est donc pas déraisonnable de penser qu'une partie des traces isolées observées dans les émulsions Ilford $C_2 + B$ correspond à des fins de protons primaires, qui ont, d'ailleurs, partiellement traversé l'atmosphère comme proton et comme neutron.

La dissymétrie Est-Ouest observée, près de l'équateur géomagnétique, dans les émulsions sensibles, grâce aux traces isolées de protons, apparaît très supérieure à celle que l'on mesure avec des télescopes de compteurs enregist rant les électrons et les mésons cosmiques. De ce fait, on peut déduire deux conclusions : d'une part, la majeure partie de ces rayons secondaires ne serait pas due aux particules primaires initialement isotropes auxquelles le champ magnétique terrestre peut interdire l'accès de la Terre, ce qui prouve une émission multiple par les primaires de très haute énergie; d'autre part, les traces isolées de protons devraient fournir un moyen efficace pour étudier le spectre des protons primaires d'énergie inférieure à 20 ou 30 Bev et pour déterminer les phénomènes nucléaires produits par les nucléons qui possèdent ces énergies, lors de leur passage à travers la matière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Polymérisation par les rayons* γ (I).
Note de M. **Adolphe Chapiro**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Hopwood et Philips ([1]) et Rexer ([2]) ont montré qu'il est possible d'amorcer la polymérisation du styrolène et du méthacrylate de méthyle en soumettant ces monomères aux rayons γ. Dainton ([3]) a montré que dans le cas de solutions aqueuses d'acrylonitrile cet amorçage était dû essentiellement aux radicaux OH° que le rayonnement libère dans l'eau; il a pu, en particulier, détecter par spectroscopie infrarouge, la présence de groupements —OH dans le polymère formé ([4]).

([3]) R. Serber, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 1114; M. L. Goldberger, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1269; P. Cüer et M. Morand, *Comptes rendus*, 226, 1947, p. 659.

([1]) *Nature*, 143, 1939, p. 640.
([2]) *Reichsber. der Phys.* (*Beihefte Phys. Z.*), 1, 1944, p. 111.
([3]) *Nature*, 160, 1947, p. 260; *Phys. and Coll. Chem.*, 52, 1948, p. 490.
([4]) Communication privée.

Nous avons entrepris une étude quantitative et systématique de la polymérisation du styrolène par les rayons γ, en nous servant d'une source de 400 millicuries de radium ([5]) entourée d'une feuille de plomb de 1^{mm} d'épaisseur. Des ampoules de 20^{cm^3}, contenant le monomère pur, ou en solution, étaient placées sur un cercle de $4^{cm},5$ de rayon, autour de la source (distance prise du centre de la source au centre des ampoules). Les produits à irradier étaient directement distillés dans les ampoules et celles-ci scellées sous vide, précaution indispensable pour éviter des périodes d'induction mal reproductibles. La progression de la polymérisation était suivie par dilatométrie; le polymère était précipité à la fin de l'expérience, séché et pesé. Les expériences étaient effectuées à une température de $12 \pm 1^\circ$ C. Des expériences en blanc ont montré qu'à l'obscurité aucune polymérisation mesurable ne se produisait pour des temps égaux aux durées d'irradiation.

Dans ces conditions la polymérisation du styrolène pur progresse très lentement ($1{,}5.10^{-2}$ g % de polystyrolène par Curie-heure). Le degré de conversion est une fonction linéaire du temps, pour une source d'intensité constante; tout au moins jusqu'à 5 % de conversion du styrolène pur, et jusqu'à 15 % pour un mélange styrolène-méthanol. De plus pour une durée d'irradiation donnée, le degré de conversion est proportionnel à la racine carrée de l'intensité du rayonnement (la source variait de 100 à 400 milli-Curies), ce qui indique que la terminaison se fait par recombinaison bimoléculaire.

La polymérisation est bloquée par addition de 1 % de benzoquinone, montrant bien qu'elle procède par un mécanisme mettant en jeu des radicaux libres ([6]).

Il était intéressant de voir si la polymérisation du styrolène tout comme celle de l'acrylonitrile était accélérée par addition de corps contenant des groupes —OH. Comme il est impossible de dissoudre le styrolène dans l'eau, nous avons irradié des solutions de styrolène de concentration 80 % en moles, dans divers alcools soigneusement désséchés. Nous avons observé un accroissement de la vitesse de conversion dans le rapport 1 à 2,8 environ, le même pour tous les alcools primaires étudiés, du méthanol au *n*-hexanol. L'indépendance de la longueur de la chaîne suggère que c'est le groupe —OH qui est responsable de l'effet.

Nous avons recherché si le même effet d'accélération était produit par d'autres fonctions, et nous avons ajouté successivement à la même concentration molaire de 20 %, les composés suivants :

a. Amines primaires (*n*-butylamine et aniline) et secondaire (diétylamine), qui sont des retardateurs pour la polymérisation thermique;

([5]) Cette source a été mise à notre disposition par Mme Joliot-Curie.

([6]) Melville et Watson, *Trans, Farad. Soc.*, 44, 1948, p. 886.

b. Acétone;

c. Propionitrile;

d. Hydrocarbures (benzène et cyclohexane).

Tous ces composés ont donné une accélération, l'effet le plus faible était produit par le benzène et le cyclohexane, l'effet le plus fort par la butylamine qui s'est révélée aussi efficace que les alcools. L'efficacité des autres composés est intermédiaire entre celle des hydrocarbures et celle des alcools.

La concentration de 20 % molaire a été choisie parce qu'elle correspond à un effet maximum dans le cas du méthanol comme on le voit sur la figure 1

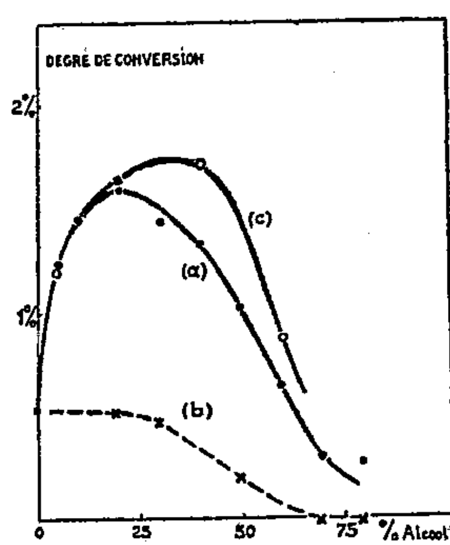


Fig. 1.

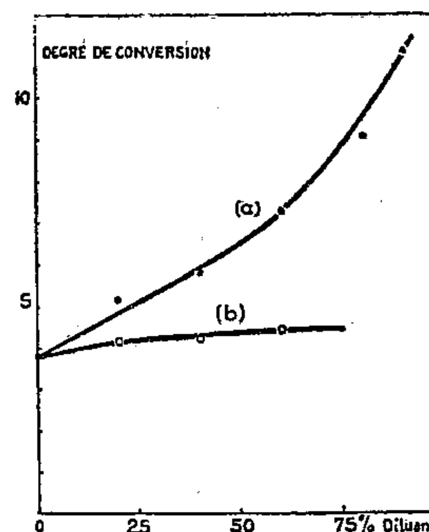


Fig. 2.

(courbe *a*) qui donne pour un temps d'irradiation de 19 Curies-heures, le degré de conversion en fonction de la concentration de méthanol. La chute brusque du degré de conversion est due probablement à la précipitation du polymère qui apparaît entre 40 et 50 % de méthanol; une chute analogue a été observée par nous pour la polymérisation thermique à 25° (courbe *b*). Ceci est confirmé en outre, par le déplacement du maximum vers des concentrations plus élevées si l'on remplace le méthanol par un alcool supérieur (courbe *c* pour le propanol) ([7]).

Avec le cyclohexane et le benzène qui sont de bons solvants, du polystyrolène, le degré de conversion croît régulièrement avec la concentration du diluant ajouté (*fig.* 2) (courbe *a* pour le cyclohexane, courbe *b* pour le benzène).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Isotherme* 20°C *des solutions aqueuses renfermant les séléniates et les sulfates d'aluminium et de potassium*. Note (*) de M. **Henri Collet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Pour cette étude, qui fait suite à celle du système analogue ([1]) où le sodium remplaçait le potassium, j'ai déterminé les isothermes de 20°C des

([7]) *Voir* à ce sujet, R. N. Haward, *J. Polym. Sc.*, 3, 1948, p. 10.

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) Henri Collet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1122.

systèmes ternaires : $OH_2—(SeO_4)_3Al_2—SeO_4K_2$, $OH_2—SeO_4K_2—SO_4K_2$, $OH_2—(SO_4)_3Al_2—SO_4K_2$ et $OH_2—(SeO_4)_3Al_2—(SO_4)_3Al_2$ et des trois systèmes quaternaires : $OH_2—(SeO_4)_3Al_2—SO_4K_2$, $OH_2—(SO_4)_3Al_2—SeO_4K_2$ et OH_2—Alun sélénique de potassium—Alun sulfurique de potassium, ainsi que la composition d'une solution en équilibre avec trois phases solides.

1° *Système* $OH_2—(SeO_4)_3Al_2—SeO_4K_2$. — L'isotherme a trois branches; les deux extrêmes correspondent aux sels initiaux $(SeO_4)_3Al_2$, $22OH_2$ et SeO_4K_2, l'intermédiaire à un sel double. Les droites solution-ensembles convergent vers un point du diagramme correspondant à l'alun sélénique de potassium : $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4K_2, $24OH_2$. Cet alun, dont la solubilité est congruente, cristallise sous forme d'octaèdres cubiques de densité $D_{20} = 1,924$,

2° *Système* $OH_2—SeO_4K_2—SO_4K_2$. — L'isotherme est réduite à une branche unique relative à une série continue de cristaux mixtes entre les deux sels.

3° *Système* $OH_2—(SO_4)_3Al_2—SO_4K_2$. — L'isotherme présente trois branches correspondant à : $(SO_4)_3Al_2$, $18OH_2$, alun de potassium $[(SO_4)_3Al_2, SO_4K_2, 24OH_2]$ et SO_4K_2.

4° *Système* $OH_2—(SeO_4)_3Al_2—(SO_4)_3Al_2$. — Précédemment étudié (¹).

5° *Système* OH_2—*Alun sélénique-alun sulfurique*. — L'isotherme est formée d'une seule branche traduisant l'existence d'une série de cristaux mixtes entre les deux aluns.

6° *Système* $OH_2—(SeO_4)_3Al_2—SO_4K_2$. — L'isotherme a trois branches, la branche intermédiaire correspond aux cristaux mixtes entre les deux aluns.

7° *Système* $OH_2—(SO_4)3Al_2—SeO_4K_2$. — Isotherme également à trois branches dont l'intermédiaire est relative aux mêmes cristaux mixtes entre aluns sélénique et sulfurique.

Les valeurs obtenues pour ces différents systèmes, exprimées en compositions moléculaires centésimales, permettent de tracer le diagramme carré ci-dessous.

On note l'existence de quatre nappes avec un seul point triple α en équilibre avec trois phases solides : $(SeO_4)_3Al_2$, $22\,OH_2$, cristaux mixtes d'aluns sélénique et sulfurique et $(SO_4)_3Al_2$, $18\,OH_2$.

La nappe $A\alpha e$ correspond à $(SeO_4)_3Al_2$, $22\,OH_2$.

La nappe $De\alpha d$ correspond à $(SO_4)_3Al_2$, $18\,OH_2$.

La nappe $abcd\alpha$, correspond aux cristaux mixtes entre les deux aluns.

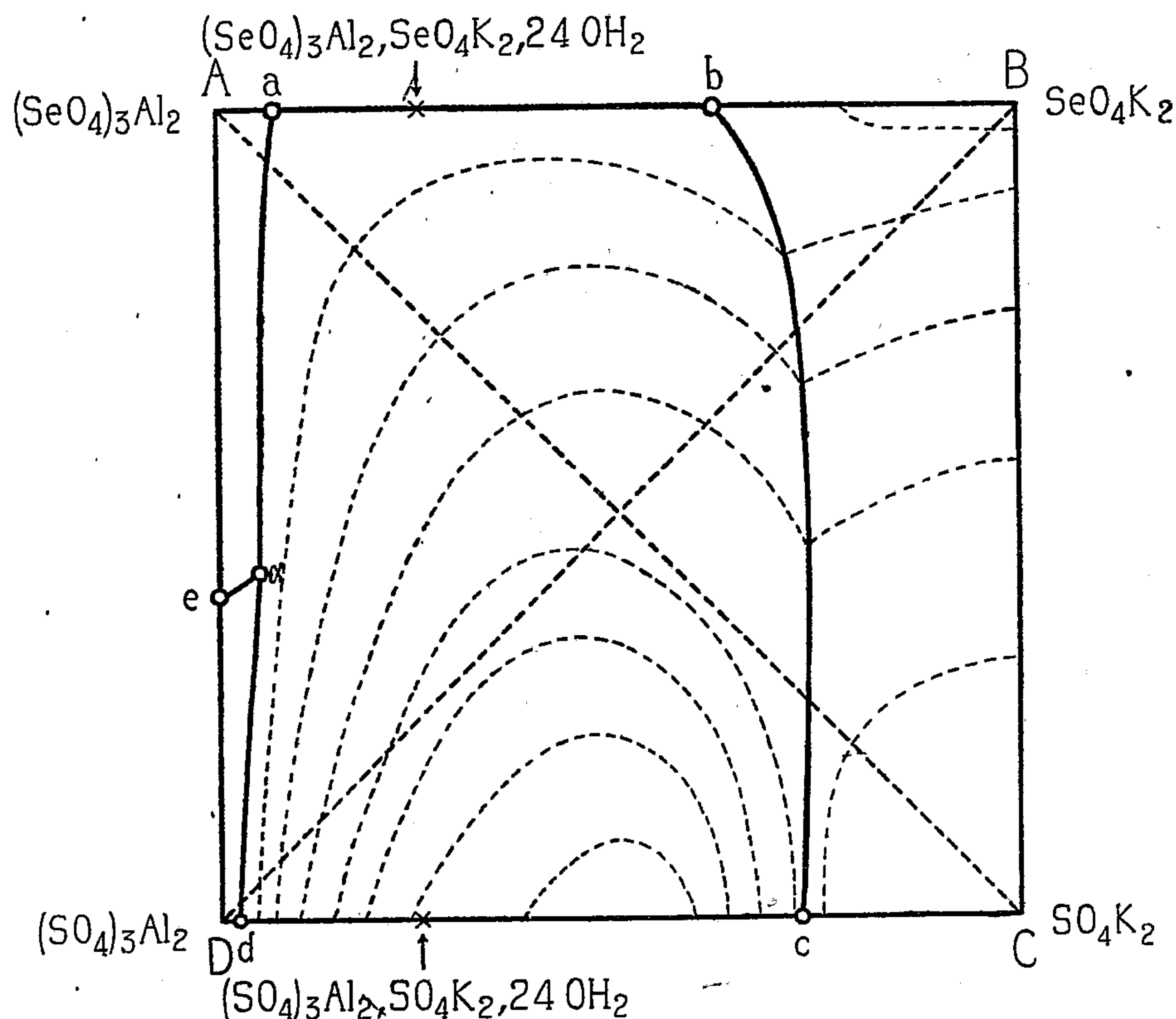
La nappe $bBCc$, enfin, correspond aux cristaux mixtes formés entre le séléniate et le sulfate de potassium.

La comparaison de ce système quaternaire avec le précédent (²) montre que, dans le cas du potassium, il y a entre séléniate et sulfate d'une part, et les

(²) *Loc. cit.*

sels doubles obtenus avec le sel d'aluminium correspondant d'autre part, des analogies qu'on ne retrouve pas avec le sodium.

Ces différences peuvent s'expliquer par la grosseur de l'ion K^+ relativement à l'ion Na^+. Le rapport des dimensions SeO_4/K_2 n'étant qu'à peine supérieur



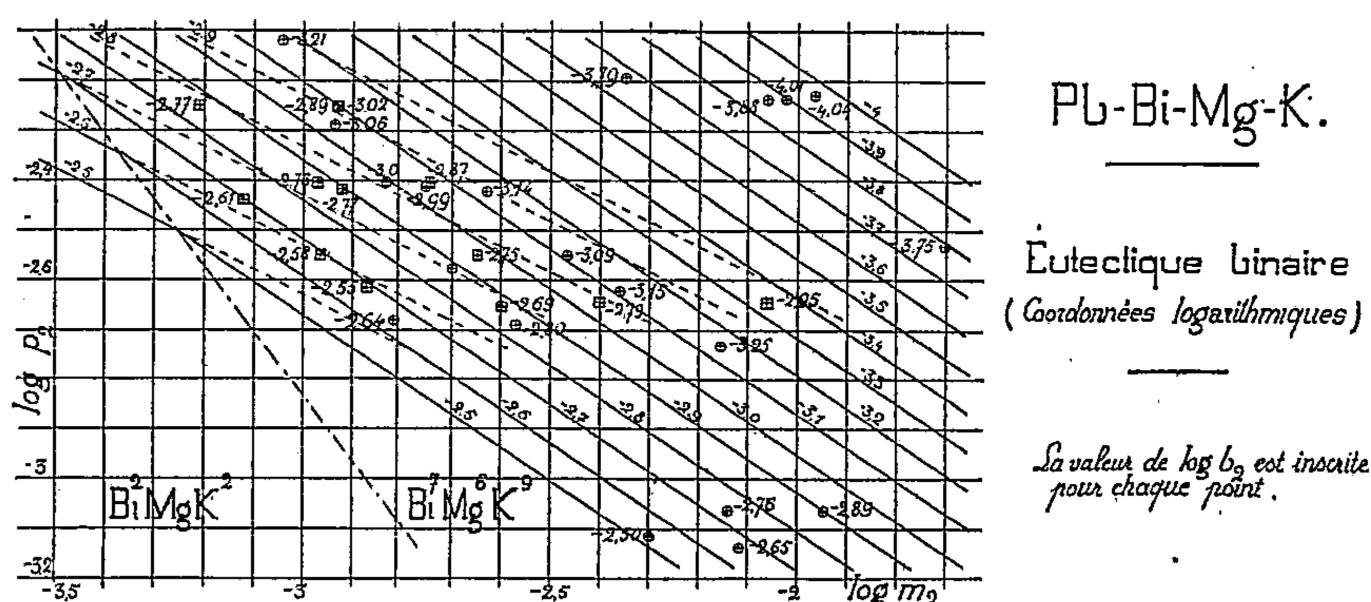
à celui de SO_4/K_2, on observe deux séries continues de cristaux mixtes, entre SeO_4K_2 et SO_4K_2 d'une part et les aluns sélénique et sulfurique d'autre part. Dans le cas du sodium les différences entre ces rapports étant plus importantes, du fait de la petitesse de l'ion Na^+, la syncristallisation ne peut s'effectuer.

Le diagramme montre de plus que le mélange de solutions concentrées de sulfate d'aluminium et séléniate de potassium d'une part, et de séléniate d'aluminium et sulfate de potassium d'autre part, laisse déposer des cristaux mixtes d'aluns sélénique et sulfurique et non des aluns mixtes de formules $(SO_4)_3Al_2$, SeO_4K_2, 24 OH_2 et $(SeO_4)_3Al_2$, SO_4K_2, 24 OH_2 comme le signalait Gerichten [3].

[3] *Ann. Liebigs*, 168, 1878, p. 214.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les équilibres des systèmes riches en plomb contenant des métaux alcalins et alcalino-terreux.* Note de M. **Léon Jollivet**, présentée par M. Albert Portevin.

Kroll a montré en 1922 ([1]) que les métaux alcalins et alcalino-terreux permettent de séparer les éléments de certains alliages de plomb. Ces indications ont provoqué beaucoup de tentatives d'applications industrielles dont plusieurs ont abouti à des procédés importants. Mais exception faite des résultats de Betterton et Lebedeff ([2]) dont il sera parlé plus loin, les connaissances actuelles ne peuvent fournir que des indications qualitatives pour des travaux plus précis.



Nous avons étudié ces phénomènes par la méthode décrite dans nos précédentes publications ([3]); voici nos résultats pour quelques systèmes :

Plomb, antimoine, sodium. — Au voisinage de l'eutectique binaire la phase solide est constituée par le composé $SbNa_3$ quand le liquide contient moins de 1,7 % d'antimoine et par le composé SbNa au delà. Entre 0,1 % et 0,5 % d'antimoine la température eutectique reste voisine de 325° et les concentrations vérifient la relation $\log A_2 + 3\log S_2 = (-7,37)$ (A_2, S_2 conc. atom. en antimoine et sodium). Entre 2 % et 2,5 % d'antimoine (température voisine de 310°) les concentrations vérifient la relation $\log A_2 + \log S_2 = (-3,49)$.

Plomb, arsenic, sodium. — Nous avons déterminé l'eutectique binaire entre 1 % et 0,02 % d'arsenic. La phase solide est constituée par le composé AsNa. Entre 0,02 % et 0,1 % d'arsenic la température eutectique reste voisine de 325° et les concentrations vérifient la relation $\log A_2 + \log S_2 = (-5,17)$ (A_2, S_2 conc. atom. du liquide en arsenic et en sodium).

([1]) *Metall und Erz*, **19**, jahr 1922, Heft 13, p. 317-324.

([2]) *Metallurgy of lead and zinc* (*Tr. Am. Inst. Min. Met. Eng.*, **121**, 1936, p. 205-225).

([3]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1822; *ibid.*, **226**, 1948, p. 2076; *ibid.*, **228**, 1949, p. 128.

Plomb, antimoine, zinc, sodium. — Nous avons étudié des mélanges contenant 0,1 % à 0,5 % de zinc — 0,01 à 0,7 % d'antimoine — 0,02 à 0,35 % de sodium. La phase solide au voisinage de l'eutectique est constituée par le composé SbZnNa. La surface isotherme du liquide à 355° est bien représentée par la relation $\log A_2 + \log Z_2 + \log S_2 = (-7{,}91)$ (A_2, Z_2, S_2, conc. atom. en antimoine, zinc, sodium).

Plomb, bismuth, magnésium, potassium. — Nous avons étudié des mélanges contenant 0,03 à 0,5 % de bismuth, 0,04 à 0,38 % de magnésium, 0,01 à 0,20 % de potassium. La surface eutectique est représentée ci-dessus.

Les points correspondent à deux réseaux distincts :

Réseau I..... $2\log b_2 + \log m_2 + 2\log p_2 = -13{,}26$ (composé Bi_2MgK_2),

Réseau II.... $7\log b_2 + 6\log m_2 + 9\log p_2 = -59{,}54$ (composé $Bi_7Mg_6K_9$)

(b_2, m_2, p_2, concentration atomique en bismuth, magnésium, potassium).

Les points du réseau I correspondent à des équilibres métastables hors de leur domaine. Nous avons observé ces phénomènes dans d'autres systèmes, mais jamais avec une telle ampleur.

Plomb, bismuth, magnésium, calcium. — Les propriétés de ce système sont à la base d'un autre procédé de débismuthage du plomb découvert par Betterton et Lebedeff. Ces auteurs montrent (²) que dans la phase solide la quantité de bismuth est égale à la somme de celles qui sont nécessaires pour former les composés Bi_2Ca_3 et Bi_2Mg_3 avec le calcium et le magnésium contenus. Ils en déduisent que la phase solide est constituée par ces deux composés. La réalité nous semble différente.

Nous avons déterminé la surface eutectique entre les concentrations 0,01 % à 0,05 % de bismuth, 0,01 à 0,15 % de magnésium, 0,01 à 0,1 % de calcium. Elle est bien représentée par la relation

$$2\log b_2 + 2\log m_2 + \log c_2 = -15{,}18 \quad \text{(composé } Bi_2Mg_2Ca\text{)}$$

(b_2, m_2, c_2 concentration atomique en bismth, magnésium, calcium),

Betterton et Lebedeff donnent quatre exemples de composition du solide. Les deux derniers correspondent à la formule Bi_2Mg_2Ca. Le premier correspond à la formule Bi_2Ca_2Mg ; le second a une composition intermédiaire due probablement au voisinage de la surface de transition.

Le système forme donc deux composés solides Bi_2Mg_2Ca — Bi_2Ca_2Mg. Remarquons enfin que ces composés résultent de l'association des composés : $Bi_2Ca_3 + 2Bi_2Mg_3 = 3Bi_2Mg_2Ca$; $Bi_2Mg_3 + 2Bi_2Ca_3 = 3Bi_2Ca_2Mg$, ce qui explique la relation indiquée par Betterton et Lebedeff.

Ainsi dans tous les systèmes étudiés nous retrouvons le même phénomène d'équilibre entre des composés solides ne formant pas de solution avec leurs constituants et une phase liquide où ces composés sont totalement dissociés.

Cette loi générale doit s'appliquer à tous les systèmes métalliques dont les éléments réagissants sont dilués dans un autre métal.

L'étude des réactions dans ces milieux dilués doit permettre de développer une véritable chimie des milieux métalliques, aux composés nombreux, dont on doit espérer des enseignements d'une portée théorique et pratique considérable.

Dans ce domaine le phénomène de dissociation totale a une importance comparable à la dissociation en ions pour les solutions aqueuses.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et propriétés du perchlorate d'hydrazine.* Note (*) de M. **Jean Barlot** et Mlle **Simone Marsaule**, présentée par M. Paul Pascal.

Le perchlorate d'hydrazine pur a été préparé en neutralisant l'acide perchlorique par l'hydrate d'hydrazine.

Dans un becher refroidi par de la glace et contenant l'acide perchlorique à 60 %, nous faisons couler lentement une solution aqueuse d'hydrate d'hydrazine à 75 % environ; le débit est réglé de manière à ne pas dépasser 25°C.

Une fois la neutralisation terminée, ce dont on s'assure par des touches sur un papier de tournesol, on maintient dans l'eau glacée, jusqu'à ce que la température s'abaisse aux environs de 0°, le perchlorate cristallise. On l'essore, et on le sèche dans un dessiccateur sous vide.

Par concentration des eaux mères à température ordinaire et sous pression réduite, on peut récupérer la totalité du perchlorate.

Le produit brut est facilement purifié par cristallisations successives dans l'eau, ou mieux par redissolution dans l'alcool éthylique absolu vers 60°C, suivie d'une filtration à chaud, puis d'un refroidissement à 8°-10°C. A cette température, la solubilité du perchlorate dans l'alcool est beaucoup plus faible que dans l'eau, et sa valeur est presque nulle; elle atteint par contre 69g pour 100g de solution à 60°C.

Le perchlorate d'hydrazine cristallise en aiguilles prismatiques et en lamelles paraissant appartenir au système orthorhombique.

L'analyse indique une composition correspondant à la formule ClO_4H, N_2H_4.

	Calculé pour ClO_4H, N_2H_4.	Trouvé.
N_2H_4	24,1 %	23,9 %
ClO_4H	75,9 %	75,7 %

L'hydrazine a été dosée par les méthodes classiques : à l'aldéhyde benzoïque, au permanganate acide, et à l'iodate. L'ion perchlorique a été déterminé par le procédé au nitron de Lœbich et Würtheim (1), (2) (précision de 0,25 % environ).

(*) Séance du 25 avril 1949.

(1) O. Loebich, *Zeits. anal. Chem.*, 68, 1926, p. 34-36.

(2) A. Würtheim, *Rec. trav. chim. P. B.*, 46, 1927, p. 97-101.

Le perchlorate fond à 137-138° C, en un liquide incolore; si la température s'élève davantage, on observe un dégagement d'azote à partir de 145°, puis une décomposition de plus en plus rapide et qui est totale aux environs de 230° C.

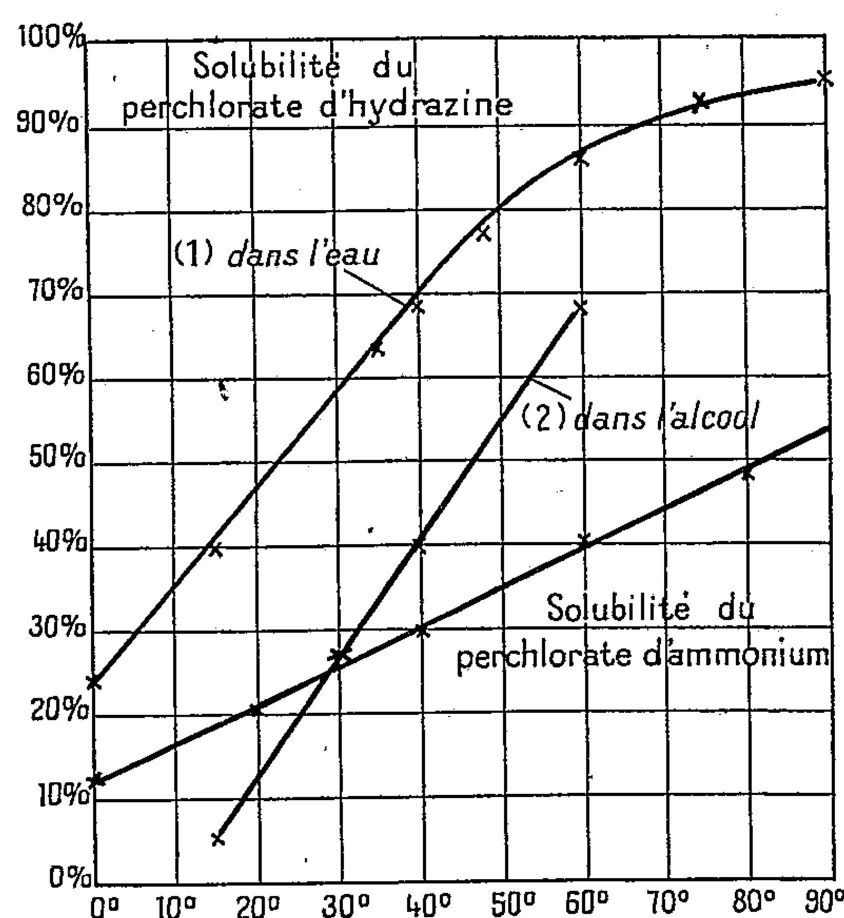
Avec des particules de quelques décigrammes, on arrive, sans explosion, à la décomposition complète; par contre, un chauffage brusque provoque une assez forte déflagration. Le perchlorate sec détone très violemment par choc ou par friction.

La densité à 15° C, par rapport à l'eau à la même température est 1,939.

Le perchlorate se dissout abondamment dans l'eau, en produisant un abaissement de température considérable. A 0°, 100^g de solution saturée renferment $23^g,6$ de perchlorate. La solubilité augmente très rapidement quand la température s'élève : elle atteint $68^g,9$ à 40° C, $87^g,4$ à 60° C et $93^g,1$ à 75° C.

Dans l'alcool éthylique absolu la solubilité augmente encore plus rapidement quand la température s'élève, mais elle est très faible aux environs de 0°.

Les variations de la solubilité avec la température sont représentées par deux courbes ci-jointes; on a figuré par comparaison la courbe relative aux solutions aqueuses de perchlorate d'ammonium.



La courbe des densités des solutions aqueuses en fonction de la concentration à 15° C est presque une droite ($d =$ 1,004 pour 10^g/l; 1,046 pour 100^g/l; 1,074 pour 170^g/l; 1,101 pour 234^g/l; 1,141 pour 320^g/l; 1,159 pour 355^g/l). Le perchlorate d'hydrazine est insoluble dans l'éther anhydre, le tétrachlorure de carbone, le trichloréthylène et le benzène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Absorption et fixation de la soude caustique des lessives par la cellulose mercerisée.* Note de MM. **André Breguet**, **Robert Viatte** et Mme **Colette Chareyron**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons précédemment étudié le comportement de la cellulose native, sous la forme de Linters de coton blanchis, dans les lessives de soude de concentration régulièrement croissante, depuis zéro jusqu'à 35 % en volumes ([1]). Les quantités des lessives qui gonflent la fibre cellulosique ont été déterminées par une méthode de centrifugation énergique. Nous avons pu suivre, de cette manière, la transformation progressive du réseau cristallin de la cellulose native en celui de la cellulose *mercerisée* et montrer que le phénomène de gonflement n'était pas réversible sur toute l'étendue des concentrations en NaOH des lessives.

Il paraissait intéressant de reprendre la même étude sur la cellulose préalablement mercerisée ; car, on pouvait supposer qu'avec un réseau cristallin transformé, les phénomènes de gonflement deviendraient entièrement réversibles.

La cellulose mercerisée a été préparée à partir de la même pâte de Linters de coton blanchis, par immersion dans une solution de soude caustique à 21 %, à la température ordinaire. Après égouttage des feuilles d'alcali-cellulose, celles-ci ont été lavées dans une solution de chlorure de sodium à 12 % et à 50°; dans l'eau douce courante ; puis, dans l'eau distillée. Les feuilles ont été enfin pressées, séchées à 50° et mises à conditionner à l'air, à température ordinaire. Un tel mode opératoire évite un gonflement exagéré des feuilles d'alcali-cellulose et leur désagrégation, si l'on enlevait directement l'alcali par l'eau pure ([2]).

Deux courbes ont été déterminées expérimentalement, représentant respectivement l'eau de gonflement et la soude totale retenues par 100^g de cellulose sèche. L'allure générale de ces courbes rappelle celle des courbes correspondantes déjà établies pour la cellulose native.

Le maximum de gonflement se situe à une concentration en NaOH de la lessive de 14,4 % en volumes, soit 12,64 % en poids ; c'est-à-dire pratiquement au même point que pour la cellulose native. Mais, jusqu'à ce maximum compris, la cellulose mercerisée montre constamment un plus fort gonflement que la cellulose native. Le mercerisage, en effet, modifie la maille cristalline, en permettant *l'accessibilité* à un plus grand nombre de groupes oxhydryles.

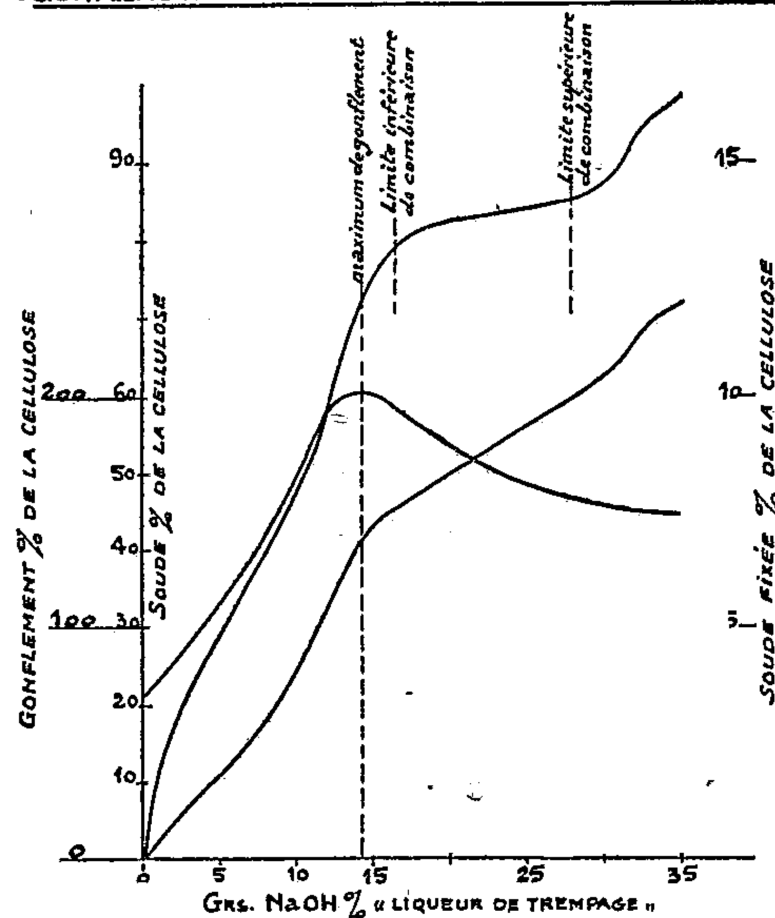
La courbe de la soude retenue monte aussi plus rapidement que dans le cas

---

([1]) A. Breguet, R. Viatte et H. Perra, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1987.

([2]) *The Rayon Record*, 1930-4-10, p. 533, E. P. 373.307.

de la cellulose native, jusque passé le maximum de gonflement, sans marquer ce changement de direction qui correspondait à la transformation progressive du réseau cristallin.



Au-dessus de la concentration 17,0 % en poids de NaOH dans la lessive de trempage, la quantité de soude totale retenue croît selon une fonction sensiblement linéaire; mais, un peu moins vite que dans le cas de la cellulose native. Ce fait est lié au gonflement qui décroît un peu plus rapidement.

Il faut signaler l'anomalie rencontrée dans les quantités de soude absorbée, au delà de la concentration 31,0 % NaOH en volumes (24,44 % en poids) des lessives de trempage. Elle correspondrait à la formation du complexe dénommé alcali-cellulose II ([3]).

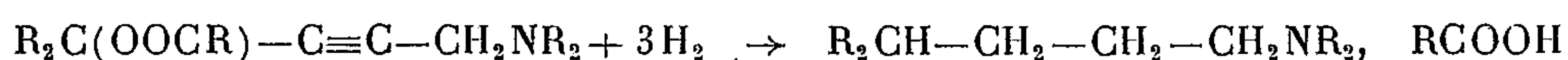
En résumé, l'étude du gonflement alcalin de la cellulose mercerisée n'indique plus trois zones différenciées, comme c'est le cas pour la cellulose native. Si l'on s'en tient à la définition précédemment donnée de la réversibilité du phénomène de gonflement, l'expérience nous a montré que ce phénomène était réversible sur toute l'étendue des concentrations des lessives de soude employées. Autrement dit, un échantillon de cellulose mercerisée mis à gonfler dans une lessive de titre compris entre 0 et 35 % NaOH en volumes, puis essoré, lavé, neutralisé, relavé et séché, reprend ensuite, dans une autre lessive de titre plus faible, sensiblement le même gonflement que s'il n'avait pas subi le traitement préalable.

([3]) HIGH POLYMERS, *Cellulose and Cellulose derivatives*, by *Emil Ott, Interscience Publishers*, Inc. New-York, p. 278, 711 et 738.

Enfin, nous avons calculé la courbe de la soude combinée à la cellulose, en admettant que la concentration en NaOH de la lessive qui gonfle la fibre est égale à la concentration de la lessive de trempage. Cette courbe est encore analogue à la courbe de Vieweg. Elle montre un palier entre les concentrations 14,40 et 22,50 % NaOH en poids dans la liqueur de trempage. Ce palier correspond en moyenne à 16,35 % NaOH fixé par la cellulose, c'est-à-dire $1^{mol},1$ NaOH pour 2 chaînons $C_6H_{10}O_5$. Aux erreurs d'expérience près, on retrouve le composé $(C_6H_{10}O_5)^2$ NaOH.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation et l'hydrogénolyse catalytiques des esters et des amino-esters acétyléniques et éthyléniques*. Note (*) de M. **Israël Marszak**, Mme **Andrée Marszak-Fleury** et M. **Michel Koulkes**, présentée par M. Maurice Javillier.

D'après une Note précédente ([1]) les amino-esters acétyléniques dont la fonction ester se trouve en position α vis-à-vis de la fonction acétylénique subissent une scission au cours de leur hydrogénation catalytique, à la température et sous la pression ordinaires, avec départ de la fonction ester



$$R_2C(OOCR)-C\equiv C-CH_2NR_2+3H_2 \rightarrow R_2CH-CH_2-CH_2-CH_2NR_2,\quad RCOOH$$

Nous avons par la suite constaté que, contrairement à ces amino-esters acétyléniques, les amino-alcools et les amino-éthers correspondants ainsi que les amino-esters dont la fonction ester se trouve en position β vis-à-vis de la fonction acétylénique ne se scindent pratiquement pas dans les mêmes conditions ([2]). C'est donc la présence de la fonction ester, dans le cas des bases étudiées, qui facilite particulièrement l'hydrogénolyse, pourvu que cette fonction se trouve sur un carbone au voisinage direct d'une liaison non saturée.

Nous avons alors recherché si les esters α-acétyléniques et α-éthyléniques, qui ne contiennent pas de groupement aminé, ne subiraient pas eux aussi une hydrogénolyse dans les mêmes conditions ([3]). Effectivement, leur hydrogénation s'accompagne de la libération d'une certaine quantité d'acide; des essais parallèles effectués dans des conditions identiques, mais en l'absence d'hydrogène, n'ont révélé aucun développement d'acidité.

La quantité d'acide libérée après l'hydrogénation complète est donc une mesure commode de l'importance de l'hydrogénolyse. Dans le cas actuel, la scission s'accompagne en effet d'un dégagement de gaz et l'importance

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) I. Marszak et A. Marszak-Fleury, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1289.

([2]) Travaux non publiés, exécutés en partie en collaboration avec Mme Diament.

([3]) L'hydrogénolyse des alcools, éthers et esters non saturés sous pression et à température élevée a été déjà signalée (Lespieau, *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1187; Adkins et Shriner dans Gilman, *Organic Chemistry*, **1**, p. 820, 2e Éd.).

du phénomène ne saurait être déduite de la simple mesure d'une variation de volume. L'hydrogénolyse dépend des solvants et des catalyseurs. Elle est plus importante dans l'alcool que dans le dioxane. Le platine est plus actif que le nickel Raney et ce dernier plus que le paladium. Exemples :

% de l'hydrogénolyse avec		Pt.	Ni.	Pd.
$CH_3COOCH_2C{\equiv}CH$	Alcool.......	65	21	8
$CH_3COOCH_2CH{=}CH_2$	»	54	12	5
$CH_3COOCH_2C{\equiv}CH$	Dioxane......	13	12	2
$CH_3COOCH_2CH{=}CH_2$	»	13	5	2

(Concentrations : 1 mol./g/l. Platine et palladium sur support).

Nous nous sommes demandé si la facilité particulière d'hydrogénolyse de ces α esters ne pouvait pas être due au caractère ionique de la liaison entre le carbone portant la fonction ester et l'oxygène de cette fonction, caractère qu'on peut éventuellement admettre d'après Dupont (4) et Prévost et Kirrmann (5). Dans ces conditions, en se basant sur l'équilibre habituel d'ionisation, l'élimination de l'acide libéré au cours de l'hydrogénolyse devait exalter le phénomène et, au contraire, l'addition préalable de cet acide devait le freiner. Nous avons donc réalisé l'hydrogénation des esters cités en ajoutant à la solution à hydrogéner, soit une molécule d'une base tertiaire, butyl ou heptyldiéthylamine, pour une molécule d'ester, soit 2 à 4 molécules de l'acide correspondant à l'ester. Les résultats obtenus apportent un certain appui à l'hypothèse envisagée. Exemples :

% de l'hydrogénolyse avec		Solvant.	I.	II.	III.
$CH_3COOCH_2C{\equiv}CH$	Ni........	Alcool	21	45	11
$C_6H_5COOCH_2C{\equiv}CH$	Ni........	»	12	49	7
$CH_3COOCH_2CH{=}CH_2$	Ni........	»	12	35	7
$CH_3COOCH_2CH{=}CH_2$	Ni........	Dioxane	5	11	0
$CH_3COOCH_2CH{=}CH_2$	Pt........	»	13	84	10
$CH_3COOCH_2CH{=}CH_2$	Pd........	»	2	6	0

I. Sans adjuvant; II. En présence de base; III. En présence d'acide.

De toute façon, ces résultats rendent compréhensible le fait que les amino-esters non saturés soient particulièrement aptes à subir ce phénomène d'hydrogénolyse : l'acide libéré peut être ici fixé directement par la fonction aminée se trouvant dans la molécule même. Il nous a paru alors intéressant de voir comment se comportent ces amino-esters, lorsque la fonction aminée est préalablement salifiée. Nous avons donc hydrogéné les chlorhydrates de ces bases dans les mêmes conditions, en suivant la marche de la réaction par dosage de

(4) G. Dupont, *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 1101.

(5) Ch. Prevost et A. Kirrmann, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 194 et 1309.

l'acidité et en isolant les produits formés. Jusqu'à l'absorption d'une molécule d'hydrogène, l'acidité initiale due à la salification n'augmente pas de plus de quelques centièmes et nous avons obtenu avec de bons rendements les chlorhydrates des amino-esters éthyléniques, classe de produits encore à peine connue. Ex. : Chlorhydrates de diméthylamino-1-acétoxy-4-butène-2 F 101°, de diéthylamino-1-benzoxy-4-butène-2 F 142°, de diméthylamino-1-méthyl-4-benzoxy-4-hexène-2 F 130°.

Après l'absorption de la première molécule d'hydrogène, l'acidité croît au contraire et la scission a lieu simultanément avec l'hydrogénation de la double liaison. La quantité totale d'hydrogène absorbé dépasse deux molécules, mais reste inférieure à trois. Si l'on ajoute de l'acide correspondant à l'ester, l'hydrogénolyse est, ici aussi, freinée davantage et l'hydrogénation normale en chlorhydrate d'amino-ester saturé se trouve favorisée.

GÉOLOGIE. — *Sur les différents types de granites atacoriens au Dahomey.* Note de M. **Robert Pougnet**, présentée par M. Charles Jacob.

Au Dahomey j'ai défini (1) un ensemble de granites postérieurs aux quartzites de l'Atacora, qu'ils migmatisent en certains points. Je les appelle granites atacoriens et les diviserai en deux groupes :

1. Granites anciens. — Ils sont contemporains de la fin du métamorphisme atacorien et présentent des phénomènes d'écrasement ou même de recristallisation assez forte (avec présence d'épidote presque constante).

Ils sont généralement concordants avec la schistosité des terrains cristallophylliens archéens ou atacoriens dans lesquels ils se sont mis en place. Ils peuvent donner sur leurs bords des faciès de migmatites. Ils présentent le plus souvent une grande hétérogénéité due à l'existence de nombreuses phases de mise en place, à leur caractère migmatique (faciès endomorphes) et à la possibilité de différenciations générales.

Il est possible de distinguer dans ces granites quatre faciès principaux correspondant à quatre phases successives de mise en place : faciès grenu large porphyroïde, grenu fin, aplitique et pegmatitique. Il est à noter toutefois que souvent plusieurs phases ont été simultanées et ont donné naissance à des massifs granitiques à caractère complexe.

A. *Faciès grenu large.* — La structure est généralement granoblastique. Les types minéralogiques sont très variés.

a. Granites à biotite, calcoalcalins. Je prendrai comme type le granite de Ouari (route Sinendé-Guessou) à gisement concordant, structure granoblastique à quartz microcline et oligoclase basique, biotite. Il faut rapporter également à ce type les granites des Tannékas et les massifs de Kossou et Yakrigourou bien qu'ils comportent des différenciations porphyroïdes.

b. Granodiorites. Exemple : granodiorite de Bimbéréké, à gisement concordant, en intrusion dans les quartzites de Bimbéréké, structure grenue avec traces de métamorphisme, oligo-andesine, quartz et orthose, biotite.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2161-2162.

c. Diorites quartziques. Exemple : diorite quartzique de Goungoun à structure porphyroclastique, quartz rare et andésine, biotite et hornblende.

d. Diorites. Exemple : diorite de Doguéré, à structure grenue, andésine, hornblende et biotite.

B. *Faciès porphyroïde.* — Les granites à faciès porphyroïde se présentent en massifs concordants et orientés, souvent à l'intérieur des massifs grenus. Un bel exemple est constitué par le massif de Péangou, à structure porphyroblastique à grands cristaux de microcline et d'oligoclase, quartz, biotite et muscovite.

C. *Faciès grenu fin.* — Ce faciès semble partout correspondre à une phase postérieure à la phase porphyroïde. En effet, il recoupe le faciès porphyroïde (en filons) ou contient des enclaves de celui-ci, et d'autre part sa structure est toujours grenue ou grenue étirée mais jamais granoblastique. Les plus beaux exemples observés sont les massifs de Dunkassa et de Bouka :

a. Massif de Dunkassa : C'est un petit batholite en ellipse de granite de teinte claire à grain très fin ou moyen, légèrement étiré, à structure grenue, quartz, microcline, andésine, biotite brune;

b. Massif de Bouka : granite à grain très fin de teinte claire à tendance aplitique, structure grenue, quartz, microcline, andésine, biotite. Il semble que ce soit aussi un batholite concordant en ellipse.

D. *Faciès aplitique et pegmatitique.* — La phase grenue fine est suivie d'une phase aplitique puis d'une phase pegmatitique, qui recoupent en filons les phases précédentes. Les pegmatites sont de trois types : 1° Quartz + muscovite; 2° Quartz + muscovite + feldspath; 3° Quartz + feldspath, et renferment assez fréquemment de la tourmaline.

2. Granites récents. — A. *Granites porphyroïdes.* — Dans la région Sinendé-Yarra-Lougou et souvent à l'intérieur des massifs de granites anciens de cette région, on peut définir des petits massifs discordants de granite porphyroïde normal appartenant à une série plus récente, et ceci pour deux raisons : ces granites sont peu ou pas orientés, sans traces de métamorphisme et d'autre part ils renferment des enclaves de granite grenu à biotite appartenant vraisemblablement à la phase grenue fine des granites anciens. Quatre massifs sont pour l'instant à classer dans ce groupe :

a. massif de Sinendé, à structure porphyroïde avec phénocristaux de microcline et d'oligoclase, biotite;

b. Massif de Yarra, très porphyroïde, du type *dent de cheval*;

c. Massif de Lougou;

d. Massif de Guézébani.

B. *Granites à quartz granulitique.* — La série granitique au Dahomey semble comporter une phase assez particulière. Il s'agit d'un granite, observé jusqu'ici en un seul point, près de Diéda, à structure largement grenue, quartz à structure granulitique, orthose et microcline faculés d'albite, oligoclase. Par certains caractères (quartz granulitique, orthose faculé d'albite), et bien qu'il soit calcoalcalin, il se rapprocherait des *jeunes granites* de la série alcaline d'A. O. F.

Pour conclure, on peut définir deux caractères généraux des granites atacoriens :

1° Les venues granitiques successives sont de plus en plus discordantes. Elles débutent par les phases grenues larges et porphyroïdes des granites anciens, franchement concordantes avec faciès migmatitiques, se poursuivent avec la phase grenue fine en batholites concordants mais sans faciès migmati-

tiques et se terminent par les granites récents porphyroïdes et à quartz granulitique, discordants.

2° Les venues granitiques sont de plus en plus différenciées : les phases grenue, large et porphyroïde sont très hétérogènes (granites à biotite et muscovite, granodiorites, diorites quartziques, diorites) alors que la phase grenue, fine semble déjà présenter une composition invariable (granite monzonitique à biotite). Il en est probablement de même pour les granites récents.

En résumé, il y a évolution vers le type homogène discordant.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Ptérobranche* Rhabdopleura *à l'état fossile dans le Crétacé supérieur en Pologne*. Note de M. **Roman Kozlowski**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai exposé ailleurs (1) les arguments qui militent en faveur d'une parenté étroite entre les Graptolithes et les Ptérobranches actuels. J'y ai émis l'opinion que les Ptérobranches constituent une souche fort ancienne, déjà différenciée au début de l'Ordovicien, et j'ai conclu en disant : « Si notre raisonnement est correct, il faut s'attendre à trouver des Ptérobranches non seulement dans les terrains paléozoïques, mais également dans les mésozoïques et les tertiaires ».

Mes prévisions viennent d'être en partie confirmées : je viens de découvrir des restes bien caractéristiques et abondants d'un Ptérobranche aujourd'hui vivant, du genre *Rhabdopleura*, dans le Crétacé supérieur en Pologne (2).

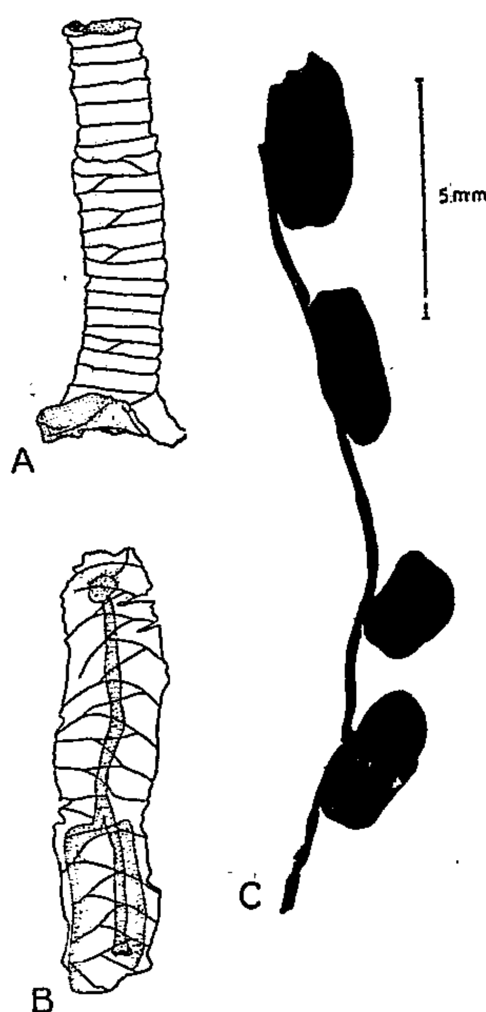
En Pologne, surtout dans sa partie orientale, le Maestrichtien est suivi d'une série des roches marneuses, plus ou moins sableuses, en général pétries de spicules d'Éponges, désignées localement, à cause de leur teinte grisâtre, du nom de *siwak* (= grisonne). Les meilleurs affleurements de cette formation se trouvent le long de la vallée de la Vistule, entre les villes Kazimierz et Pulawy. La faune du *siwak*, en dehors d'abondants Foraminifères et d'Éponges — ces dernières représentées presque exclusivement par des spicules isolés — est assez pauvre, comprenant surtout de petits Lamellibranches et Gastéropodes à test mince. Sporadiquement, on y trouve aussi des Échinides appartenant à des espèces nouvelles du genre *Echinocorys* et, dans son assise basale, on rencontre *Belemnitella mucronata*. Toutes les observations faites jusqu'à présent font admettre que la plus grande partie du *siwak* correspond au Danien.

---

(1) Kozlowski, *Biol. Rev.*, 22, Cambridge, 1947.

(2) Je tiens à ajouter qu'à Londres, lors du dernier Congrès Géologique International, j'ai appris de la part du Dr H. Dighton Thomas qu'avec M. A. G. Davis, ils ont trouvé un *Rhabdopleura* fossile dans le London Clay du Hampshire. La présente Note était rédigée, quand une lettre du Dr Thomas ajoute que ses spécimens furent trouvés adhérant à la surface de galets, étant représentés par des tubes zoïdaux et des tubes rampants, ces derniers contenant parfois des stolons. La forme anglaise serait voisine de l'espèce actuelle *R. normani* Allman. La description de ce matériel doit paraître prochainement dans le *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist.* — En tout cas, j'ai l'agréable devoir de reconnaître l'évidente priorité des auteurs anglais dans la découverte de *Rhabdopleura* à l'état fossile.

Dernièrement le Service géologique de Pologne a fait exécuter, dans la localité Gora Pulawska, sur la rive gauche de la Vistule, un forage passant à travers presque toute la série du *siwak*, sur une épaisseur près de 40^m, et pénétrant une quarantaines de mètres dans le Maestrichtien sous-jacent. Le but en était purement scientifique : il s'agissait surtout de recueillir une succession aussi complète que possible de faunes des Foraminifères.



Tubarium de *Rhabdopleura* sp. du Crétacé sup. de Góra Pulawska, Pologne.

A. Tube zoïdal. — B. Fragment du tube rampant avec stolon, comprenant deux loges stolonales dont une (en bas) avec kyste de bourgeon stérile (Vu par transparence), — C. Fragment du stolon avec 4 kystes des bourgeons stériles.

Examinant certains échantillons de carottes, exceptionnellement marneux, provenant d'une profondeur d'environ 20^m, j'y ai remarqué la présence de menus fragments chitineux. Ayant dissous ces échantillons dans l'acide chlorhydrique, j'ai constaté, à ma grande surprise, la présence des tubes zoïdaux, plus ou moins complets et tout à fait typiques, de *Rhabdopleura,* animal inconnu jusqu'ici à l'état fossile. Poursuivant mes recherches, j'ai constaté aussi que la roche en question renferme, souvent en abondance, les caractéristiques stolons noirs. A ces stolons sont fréquemment attachés des kystes de bourgeons stériles.

Les débris les plus fréquents et les mieux conservés correspondent aux stolons et aux kystes des bourgeons stériles. Les tubes zoïdaux sont assez rares, et plus encore, les tubes rampants avec, à l'intérieur, des stolons.

Par les caractères de ses parties chitinisées, notre *Rhabdopleura* fossile se rapproche étroitement de l'espèce actuelle *R. normani* Allman. Mais, seule une comparaison minutieuse avec cette dernière, permettra d'établir si la forme fossile de Pologne n'est pas une espèce indépendante.

L'étude poursuivie des carottes du forage de Góra Pulawska m'a permis de constater que *Rhabdopleura* y a une grande répartition verticale, puisqu'on la

rencontre à travers la série entière du « siwak » et également dans les parties supérieures du Maestrichtien typique.

Les roches dans lesquelles se présente le *Rhabdopleura* doivent correspondre à des sédiments d'une mer pas très profonde, à sédimentation tranquille, dont le fond était habité principalement de Spongiaires et de Foraminifères. On y rencontre aussi de menus débris végétaux, surtout des cuticules, indiquant que les rivages ne devaient pas être trop éloignés.

En terminant, j'attire l'attention sur l'étonnant conservatisme du genre *Rhabdopleura*. L'animal peut être rangé dans la catégorie des *fossiles vivants*, puisqu'il ne semble avoir guère changé depuis le Crétacé supérieur. Peut-être des recherches futures feront-elles reculer encore considérablement le moment de sa première apparition.

GÉOLOGIE. — *Le Crétacé inférieur dans l'Ouest de la Chaîne Numidique.* Note de M. **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans la partie occidentale de la Chaîne Numidique, j'ai distingué, sur un autochtone à matériel mésozoïque, un ensemble charrié, poussé du Nord vers le Sud, comprenant une série d'écailles, elles aussi à constituants secondaires, chevauchées par le cristallin (Paléozoïque) de Petite Kabylie. Isolée en avant du front de ces diverses unités, la klippe jurassique du Djebel Sidi-Marouf (1) est à rattacher à l'une des écailles plus septentrionales.

L'ampleur des écailles varie latéralement; elles peuvent même localement disparaître. Sur la transversale du massif du Moul ed Demamène (2), au centre de la région étudiée, on observe, de la base au sommet : l'écaille des Kefs Sassenene et Bou Rhaleb (parautochtone?); l'écaille du Dj. Maharda (ou de Tissimiran), avec le décollement accessoire de Bou Djoudoun; l'écaille des dolomies (ou du Dra del Kasba).

L'autochtone est largement représenté au Sud de ce massif, entre les gorges des Beni-Haroun et le défilé de Bir Lakdar. Au sein du Crétacé, qui en forme la majeure partie, se montrent deux anticlinaux réguliers, orientés Est-Ouest. Le plus oriental, celui du Kalaa et Touma, prolongement du Mcid Aïcha, est relayé, vers l'Ouest, avec un décalage au Nord de 3^{km}, par celui de l'Oued Itera.

Les conditions de dépôt et les faciès du Néocomien varient suivant l'unité envisagée. Dans l'autochtone, plus spécialement dans l'anticlinal de l'Oued Itera, le Crétacé inférieur est composé de calcaires marneux, lités, contenant à leur base de minces bancs de brèches à petits éléments, pouvant se répéter plus haut dans la série. Ce Néocomien repose en discordance légère sur les grès du Trias ou sur les calcaires de la base du Lias inférieur. Toujours dans l'autochtone, l'anticlinal du Kalaa et Touma présente, sur son flanc nord et

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1913.
(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1826.

à son extrémité orientale, des marnes schisteuses attribuables au Crétacé inférieur (?). Ces marnes, auxquelles se mêlent, vers le bas, des bancs de poudingues, surmontent des calcaires marneux du Lias moyen (?), par l'intermédiaire d'un puissant conglomérat de base.

L'écaille des Kefs Sassenene et Bou Rhaleb montre, au Nord de ces pitons, une série de calcaires marneux et de marnes schisteuses, du Néocomien fossilifère, épaisse de 200 à 300^m. La série crétacée est en légère discordance sur les calcaires marneux et calcaires à silex de la partie supérieure du Lias ou sur les calcaires compacts du Lias moyen (?). Sur le flanc Nord du Bou Rhaleb, le plus occidental des deux sommets, le Néocomien à *Aptychus angulicostatus* comporte à sa base un épais conglomérat, où l'on note des blocs remaniés de calcaires à *A. Beyrichi* du Malm (inconnu par ailleurs dans cette unité). Dans la portion orientale du Kef Sassenene, sur la rive droite de l'Oued-el-Kébir, des marnes schisteuses à *Duvalia* ravinent les calcaires liasiques et leur arrachent des galets.

L'écaille de Tissimiran (ou du Dj. Maharda) montre, dans sa partie méridionale, des marnes schisteuses attribuées, bien que sans preuve paléontologique, au Crétacé inférieur. Elles surmontent par l'intermédiaire d'un conglomérat de base, massif mais sporadique, les calcaires marneux et marnes du Toarcien. Un peu plus au Nord, vers Bou Djoudoun, le Crétacé inférieur, décollé à sa base, recouvre des marnes gréseuses et calcaires dolomitiques compacts, représentant la base du Dogger (?). Des galets de toute la série liasique existent, épars, dans les couches de base de ce Néocomien décollé, qui était donc originellement transgressif.

Dans la même écaille de Tissimiran, mais à sa partie septentrionale, le Néocomien est représenté par 100 à 200^m de calcaires marneux à *Aptychus Mortilleti* et *A. Didayi*, et Ammonites; il se réduit considérablement vers l'Est (Bou Hdach). Sans présenter de conglomérat de base, ce Néocomien possède, dans sa partie inférieure, de minces niveaux de fines brèches; il repose sur des calcaires en bancs à lits siliceux (Malm inférieur?), ou, ailleurs, sur des argiles calcarifères à Radiolaires peut-être assimilables à l'*Argovien* décrit dans les Babors par Ehrmann.

L'écaille du Dra del Kasba (ou des dolomies) comporte un complexe principalement tithonique, recouvert, dans la partie septentrionale de cette lame, par des grès peut-être néocomiens.

Dans le Sidi-Marouf, sous le Tithonique renversé, qui forme, au Sud, la base de cette klippe, on remarque des marnes schisteuses à *Aptychus* cf. *Didayi*. Il y a ici passage continu entre Jurassique et Crétacé.

Si l'on remet à leur place originelle les unités qui viennent d'être énumérées, on constate que le Néocomien s'est déposé du Nord au Sud, sur des termes de plus en plus anciens. Dans le Sidi-Marouf et dans l'écaille du Dra del Kasba, il est en continuité sur le Tithonique; dans le Nord de l'écaille de Tissimiran, il est superposé au Malm inférieur ou moyen; dans le Sud de la même lame, au Dogger ou au Lias supérieur; dans l'écaille des Kefs, au Lias supérieur ou moyen; dans la série autochtone, au Lias moyen ou inférieur, ou même au Trias.

La transgression du Crétacé inférieur se traduit ainsi par une *discordance de mapping* étendue à une bande mesurant 30^{km}, du Nord au Sud, transversalement à la chaîne. En quelques points seulement, la discordance est visible sur le terrain. Des ravinements locaux et des conglomérats de base soulignent très généralement la base du Crétacé.

On connaît en d'autres régions d'Algérie les traces d'une phase orogénique anténéocomienne. Ici, dans l'Ouest de la Chaîne Numidique, les observations résumées plus haut montrent qu'elle ne s'est traduite que par des mouvements d'importance limitée ou des déformations à grand rayon de courbure.

GÉOLOGIE SOUS-MARINE. — *Sur des Trilobites dragués à 4255^m de profondeur par le* Talisman (1883). Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. Paul Fallot.

La croisière du *Talisman*, effectuée en 1883 sous la direction scientifique d'Alphonse Milne Edwards, a recueilli de nombreux matériaux zoologiques et géologiques. Elle achevait la campagne commencée en 1880 avec le *Travailleur*.

Du 1er juin au 31 août 1883, le *Talisman* a visité les côtes de l'Afrique occidentale, la Mer des Sargasses, les Açores et le Golfe de Gascogne. Huit volumes, parus entre 1888 et 1907, ont fait connaître une partie des résultats zoologiques. L'introduction qui devait être rédigée par Milne Edwards n'a jamais vu le jour, non plus que l'étude des boues marines et des roches qui ont été draguées (sauf quelques lignes de Milne Edwards lui-même et du marquis de Folin) (1). Après la mort de Milne Edwards, les roches furent déposées au Laboratoire de Géologie du Muséum, les autres matériaux restant conservés au Laboratoire de Malacologie. Les étiquettes originales accompagnent les échantillons, numérotés. Il n'existe aucun manuscrit inédit dans les archives des divers Services.

Les matériaux géologiques les plus intéressants proviennent d'une série de dragages effectués au Nord-Est des Açores, du 22 au 29 août, à des profondeurs variant de 3000 à 5000 mètres, sur des fonds tapissés de boues à Globigérines : 22 août, au Nord de San Miguel, galets de ponce; 24 août, dragage 133, 3975^m-4060^m, lat. 42° 19′ N, long. 23° 36′ W Paris, galets de quartzite, de calcaire siliceux et plaquette de schiste portant un fragment de Trilobite indéterminable; 25 août, 4165^m, quelques galets de ponce; 26 août, dragage 136, 4255^m, lat. 44° 20′ N, long. 19° 31′ W Paris, pas de ponce, mais de nombreux galets de quartzite, de silexite, de calcaire, et une plaque de schiste avec un pygidium de Trilobite; 27 août, 5005^m, vase blanche, sans aucun galet.

L'examen de ces matériaux permet quelques déductions :

1° La totalité des fonds de cette région de l'Atlantique oriental est tapissée de boues à Globigérines;

(1) A. Milne Edwards, *l'Expédition du* Talisman *faite dans l'Océan Atlantique* (*Bull. Ass. sci. Fr.*, (2), 7, 1883. p. 138-139, 8, p. 157-179); Marquis de Folin, *Sous les mers. Campagne d'exploration du* Travailleur *et du* Talisman, un vol. in-16, 340 p., Paris, 1887.

2° Plusieurs dragages, effectués suivant une ligne droite de 500^{km} en direction du Nord-Est, ont ramené de la boue à Globigérines et des fragments de roches.

3° Les galets de ponce se rencontrent jusqu'à 400 kilomètres des Açores, mais pas au delà.

4° Les dragages 133 et 136, à 250^{km} l'un de l'autre, ont ramené des galets de roches diverses, dont des plaquettes de schistes gréseux à Trilobites.

5° Les galets ne doivent pas avoir été apportés du Nord par des glaces flottantes comme l'a supposé Milne Edwards, car il n'existe aucun courant de surface Nord-Sud et le Gulf Stream a certainement provoqué un réchauffement des eaux de surface, même pendant le Quaternaire. Ces galets doivent être relativement en place; ils proviendraient du démantèlement d'un relief sous-marin situé à l'Ouest de la grande fosse qui s'étend au large de la péninsule ibérique.

6° Ce relief sous-marin évoque celui d'une zone continentale immergée à une époque géologique récente. D'après des renseignements inédits, communiqués par le Service Hydrographique de la Marine et par M. Paul Fallot, la zone intéressée semble beaucoup plus accidentée que ne l'indiquent les cartes publiées.

Ce sont à notre connaissance, les premiers fossiles de quelque antiquité ramenés des grandes profondeurs. Ils apportent la preuve d'un relief sous-marin partiellement constitué par des roches sédimentaires d'âge paléozoïque, affirmant ainsi l'existence d'un Atlantique primaire. L'importance de ces reliques constitue un encouragement à la reprise des dragages en des points choisis, susceptibles d'apporter des données essentielles à notre connaissance de la constitution géologique du fond des océans.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Niveaux et cycles d'érosion dans le massif du Nimba* (haute Guinée française). Note de MM. † **Jean-Charles Leclerc**, **Maxime Lamotte** et **Jacques Richard-Molard**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Niveaux et cycles d'érosion ont encore été rarement signalés dans les montagnes sub-équatoriales de l'Afrique occidentale. Cette rareté semble correspondre à la rareté du fait lui-même dans des régions où l'érosion mécanique des eaux courantes ne joue qu'un rôle secondaire en regard de la décomposition chimique et où domine un modelé mou ou en pains de sucre.

Pourtant le massif du Nimba conserve la trace très nette d'une série de niveaux d'érosion. Il le doit, d'une part, à sa structure caractérisée par de puissantes couches de quartzites redressées jusqu'à la verticale, au milieu d'un complexe granito-gneissique beaucoup moins résistant; d'autre part à la forte teneur en fer de ses quartzites (hématite et oligiste), qui les rend peu altérables.

L'observation montre, en effet, que les galets de quartzites ferrugineux, entraînés par les cours d'eau et accumulés sur les surfaces sub-horizontales de piedmont, se cimentent *en surface* avec rapidité, grâce à l'apport d'une grande quantité d'oxyde de fer et à l'alternance des saisons sèche et pluvieuse. La surface se trouve ainsi recouverte d'un véritable poudingue à gros éléments de quartzite et à ciment ferrugineux, formant une cuirasse pratiquement inaltérable et très dure. Elle est de la sorte fossilisée et soustraite à l'érosion. Ce processus explique la conservation ici de plusieurs niveaux superposés, fossilisés les uns après les autres par des cuirasses à éléments *allochtones*, reposant en discordance sur leur substratum, celui-ci étant formé de roches quelconques, même tendres et altérables comme des granites et des schistes.

Nous avons reconnu les niveaux suivants :

1° La surface de piedmont, qui fait partie d'une vaste pénéplaine (Nzo-Nzérékoré) se prolongeant dans presque toute la Guinée forestière, à 500-550^m d'altitude. Cette pénéplaine est en quelque sorte *matérialisée*, sur le pourtour du massif, par la carapace ferrugineuse, qui forme un glacis protecteur, surtout développé vers l'Ouest et le Nord. Déjà fossilisée, elle est entaillée actuellement, à la fois du côté du Libéria et de la Côte d'Ivoire, par la remontée de l'érosion des fleuves côtiers (cette action est particulièrement sensible vers le Sud, où le massif n'a pas, ou n'a plus, son glacis protecteur (Yanlé).

2° Une autre surface, particulièrement intéressante par son inclusion dans le relief tourmenté du massif, qui constitue tout autour de la partie septentrionale de la chaîne une sorte d'auréole accrochée aux pentes vers 850^m.

Elle forme çà et là de longs entablements qui s'abaissent lentement, plus ou moins découpés par les torrents. Une cuirasse ferrugineuse très épaisse la souligne, dépassant parfois 10^m, particulièrement dure et inaltérable, qui lui a permis de résister, lors du cycle suivant, à une vigoureuse reprise d'érosion, fonction du climat chaud et humide.

Cette surface sensiblement inclinée traduit l'existence, lors de sa formation, d'un relief déjà accentué au pied duquel elle s'est développée.

Elle se rattache aux nombreux reliefs résiduels qui, tout autour du massif et dans toute la *Dorsale guinéenne*, culminent à des hauteurs oscillant entre 750 et 850^m.

3° La surface la plus ancienne qui a laissé sur la ligne des crêtes, vers 1650^m, des témoins particulièrement remarquables : ce sont des surfaces tabulaires subhorizontales, suspendues au-dessus d'abrupts de plus de 600^m. On en retrouve encore des témoins à 200^{km} au Nord, sur les crêtes du Simandou (altitude 1500^m); plus loin encore, les hauts plateaux du Fouta Dialon semblent pouvoir s'y raccorder.

4° A ces trois niveaux on pourrait ajouter une étroite surface tabulaire suspendue à 1300^m d'altitude, vers l'extrémité méridionale de la chaîne du

Nimba, qui correspond sur tout le pourtour de la partie septrentionale, à une rupture de pente indépendante de la structure.

Il est ainsi possible de retrouver dans le massif du Nimba, les traces de trois ou quatre cycles d'érosion.

Leur nombre et l'altitude à laquelle est aujourd'hui portée la surface correspondant au plus ancien, semblent indiquer que cette région du *bouclier libério-guinéen* n'a rien de l'immobilisme qu'on lui attribue. La vigueur de la reprise d'érosion par le Sud (Cavally) montre que le mouvement est sans doute encore actuel.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les vallons côtiers suspendus des environs de Lisbonne et leurs analogies avec ceux du littoral breton.* Note de M. **André Guilcher**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

1. Dans un travail antérieur ([1]) j'ai montré que le plus grand nombre des petits vallons suspendus du Cap Sizun (Sud-Ouest du Finistère) ainsi que maints autres de Belle-Ile (Morbihan) méritent le nom de *vallons suspendus eustatiques*, du fait que leur cascade terminale n'est pas due à un recul de la côte par érosion comme dans les *valleuses* du pays de Caux, mais à des abaissements successifs du niveau marin. Ces thalwegs se relient en effet, soit au niveau tyrrhénien (30-35^m), soit à l'un des niveaux monastiriens [normanniens] (15^m et 2-5^m). La présence de cordons de galets perchés à l'issue de certains vallons suspendus sur le Bas-Monastirien paraît une confirmation géologique amplement suffisante; mais, au niveau de 30-35^m, les données morphologiques sont les seules en Bretagne méridionale.

Un examen localisé, mais précis, de la côte portugaise aux environs de Lisbonne semble apporter, pour les vallons suspendus à 30-35^m, la confirmation qui manquait. Auprès du fort de Baralha (Est du cap d'Espichel) et entre Cascais et le cap de Roca, existent des formes d'abrasion et des dépôts marins aux niveaux classiques jusqu'à 35^m d'altitude, ce qui conduit, en accord avec G. Zbyszewski et C. Teixeira qui m'ont aimablement documenté, à les interpréter en fonction de la théorie glacio-eustatique ([2]). Les dépôts portugais

---

([1]) *Le relief de la Bretagne méridionale de la Baie de Douarnenez à la Vilaine.* La Roche-sur-Yon, 1948, in-8°, p. 682 (*cf.* p. 237-250 et 424-434).

([2]) J. Bourcart, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1079-1081, a conclu au contraire à des déformations (*flexure continentale*); il semble pourtant que la constance et la concordance d'altitude générale des dépôts témoignent d'une stabilité du sol au Quaternaire récent, dans cette partie du Portugal tout au moins. La très légère différence de détail entre le Bas-Monastirien portugais (6-8^m) et breton (2-5^m) n'est pas une difficulté, et doit s'expliquer par de petites variations d'amplitude des marées. Au Nord du Portugal et en Galice, où la grande *flexure atlantique* portugaise atteint le bord de la mer, des mouvements très

de 30-35^m recèlent un outillage acheuléen, et ceux de 6-8^m sont surmontés d'une industrie moustérienne. Or au niveau de 30-35^m, morphologiquement très net à Baralha et au Nord de la plage de Guincho (Bord du massif de Sintra), aboutissent des vallons qui s'y perdent après s'être profondément incisés en arrière des falaises mortes qui limitent le niveau (les trois petits vallons de Baralha, et le deuxième vallon au Nord du fort de Guincho). La liaison des thalwegs et du niveau est donc évidente; mais, de plus, le vallon qui descend de Figueira vers la crique proche de la pointe d'Abelheira (bord Nord de la feuille 34-C au 50000e, Cascais), et dont le ruisseau se termine par une cascade à partir de 32^m au-dessus des hautes mers, porte à cette altitude de 32^m une plage suspendue typique de gros galets, qui se suit sur plus de 200^m vers le Sud dans le flanc de la falaise, et se raccorde sans aucun doute à la plate-forme de même altitude située au Nord de la plage de Guincho. La relation des formes de certains ravins côtiers avec un stationnement marin à 30-35^m est donc bien établie,

II. D'autre part, les petits vallons des abords de Figueira et de Biscaia (feuilles 34-C et 34-A au 50000e) ont leur fond et, en partie leurs versants, encombrés d'une formation de blocs de toutes tailles, absolument anguleux et à arêtes très vives, d'origine étroitement locale (roches cristallines de Sintra, et Mésozoïque métamorphisé au contact des terrains cristallins), emballés dans une masse argilo-sableuse. Dans le vallon suspendu à 32^m au Sud de Figueira, le remblaiement de roches métamorphiques, de 3 à 4^m de puissance, donne un fond plat, à allure d'auge alluviale, dans lequel le ruisseau a incisé une gorge qui tend à rejoindre le fond de roche en place. Plus au Nord, le déblaiement est généralement plus avancé dans le granite, peut-être parce que celui-ci est plus vite altéré que les terrains métamorphiques (travaux de P. Birot), et que les blocs relativement sains qui subsistent actuellement ne constituaient qu'une partie du matériel rocheux. Mais partout l'aspect est analogue : très grossière stratification d'ensemble selon la pente du versant (plus marquée dans les roches feuilletées qui s'ordonnent mieux); disposition chaotique dans le détail, les blocs verticaux étant nombreux; fragmentation par éclatement attestée par le fait que certains éléments séparés sont encore juxtaposés. Dans le flanc Sud-Est d'un vallon descendant de Biscaia, le granite en place, dépouillé de son revêtement, est lui-même fragmenté selon les diaclases, et prêt au débitage. Le dépôt, manifestement sans rapport avec les conditions actuelles, est postérieur à la plage tyrrhénienne qu'il surmonte. Son faciès, et la morphologie d'empâtement des vallons, sont tout à fait identiques à ce que l'on voit dans

---

récents du sol ont eu plus de chances de se produire. (*Cf.* P. Birot, *Les surfaces d'érosion du Portugal central et septentrional*. Rapp. Commiss. Surf. d'aplaniss., Congr. Lisbonne, 1949, p. 86 et 90). Je ne prends pas parti sur ce dernier point.

les ravins côtiers de Bretagne, où le même remplissage résulte de coulées de solifluxion périglaciaire. On peut hésiter à étendre le domaine de la « cryoturbation » quaternaire aux côtes portugaises; pourtant, G. Zbyszewski en a relevé des aspects (festons, dressements) en d'autres dépôts des abords du littoral de ce pays ([3]); et les glaciers de la Serra da Estrela sont descendus, d'après Lautensach, jusqu'à 600ᵐ. On sait d'ailleurs que la proximité de l'Océan abaisse les limites climatiques.

En conclusion, il y aurait intérêt à étendre les observations précises à toute la côte à falaises de la Serra de Sintra. Elles montreraient probablement que d'autres vallons suspendus de ce littoral ([4]) sont de type eustatique, et fourniraient d'autres détails sur les phénomènes présumés périglaciaires.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les éléments métalliques de la feuille de* Digitalis purpurea *L. des Vosges hercyniennes.* Note ([*]) de M. **Pierre Duquénois** et Mˡˡᵉ **Elisabeth Schraer**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Plusieurs auteurs anciens, Hünefeld (1839), Wrightson (1845), E. Wolff (1871), ont analysé les cendres de feuilles de *Digitalis purpurea* L. et fixé leur composition élémentaire. Ils y ont signalé, par ordre d'importance, les métaux K, Ca, Mg, Na, Fe, et parmi les acides, les silicates, chlorures, phosphates et sulfates. Burmann ([1]) a ajouté le manganèse.

Depuis lors, les cations des feuilles de Digitale ont fait l'objet de travaux quantitatifs : le zinc a été étudié par M. Javillier ([2]); le manganèse a été dosé par D. H. Wester en 1920 ([3]), par Garnier ([4]) dans les plantes entières de Longemer (Vosges), par Knutsen ([5]) dans les Digitales de la région de Ryfylke (Norvège). Toutefois, nous n'avons pas eu connaissance que d'autres cations aient été recherchés par des procédés analytiques très sensibles.

Nous avons procédé, sur les cendres, à des recherches microchimiques et à l'analyse spectrale, puis nous avons dosé avec précision Ca et Mn.

Le 11 juin 1948, par beau temps et dans la période de sécheresse et de forte chaleur qui a succédé aux pluies printanières, au milieu de la journée, nous avons récolté 1ᵏᵍ de feuilles sur *Digitalis purpurea* spontanée dans la forêt de

([3]) Renseignement verbal. Dans le sens, P. Birot, *op. cit.*, p. 96.

([4]) La cascade terminale est très générale dans les vallons de ce rivage. *Cf.* O. Ribeiro, *Rev. Géogr. Pyr. SW*, 11, 3-4, 1940, p. 203-218.

([*]) Séance du 20 avril 1949.

([1]) *Journ. suisse Chim. et Pharm.*, 51, 1913, p. 117-118.

([2]) Recherches sur la présence et le rôle du zinc chez les plantes, *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1908, p. 28 et 41.

([3]) *Ber.*, 30, 1920, p. 376-381.

([4]) *Bull. Sc. Pharm.*, 36, 1929, p. 140.

([5]) D'après *Pharm. Ztrhalle*, 62, 1921, p. 205.

Neuwiller (Bas-Rhin). Le sol de forêt repose à même le socle hercynien, constitué essentiellement par le granit du Champ du Feu, souvent à faciès amphibolique. Le sol est légèrement acide (pH 6,6) et l'on y trouve les espèces spontanées qui partagent habituellement les exigences édaphiques de *D. purpurea*.

Les feuilles mondées, essuyées, séchées à l'étuve électrique, ont été calcinées, d'abord dans une capsule de platine sur une lampe à alcool, puis dans une nacelle de porcelaine au four électrique, à la température du rouge sombre. Les cendres, entièrement solubles avec effervescence dans NO_3H au 1/3, ont servi pour les diverses recherches.

Les spectres, obtenus par la méthode de l'arc sur électrodes de carbone purifié, comparés à un témoin, révèlent la présence des éléments suivants dans les feuilles :

Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Cu, Ti, Al, Ba, Sr.

Les six premiers de ces onze éléments avaient déjà été trouvés en notable proportion. L'aluminium donne nettement la réaction à la morine. Le baryum et le strontium sont en très faible quantité. Les traces de titane, décelables par le spectre, sont insuffisantes pour donner la réaction à l'acide chromotropique. Il n'est pas étonnant de voir, à côté de quantités plus abondantes de Fe et Mn, des traces de Cu, de Ti, de Al, de Ba et de Sr, dont la présence a déjà été découverte dans d'autres espèces et dans le sol.

M. Maurice Javillier (²) avait décelé chimiquement de notables quantités de Zn dans la Digitale pourprée du Morvan (les feuilles et la hampe florale de Digitales récoltées à Lormes contenaient $0^g,0032$ Zn %). N'en ayant pas trouvé dans les cendres de feuilles de Neuwiller, obtenues au four électrique et soumises à l'examen spectral, nous avons effectué, sur le conseil de M. Gabriel Bertrand, des incinérations en présence large d'air et à température aussi peu élevée que possible. Le Zn n'a pas été caractérisé avec certitude dans 5^g de cendres en appliquant la méthode utilisée par MM. G. Bertrand et Javillier (*loc. cit.*), complétée par les réactions microchimiques au tétrathiocyanatomercurate diammonique.

Nous avons dosé, par comparaison avec des feuilles de Digitale pourprée spontanée, la même année dans d'autres régions des Vosges, le calcium précipité à l'état d'oxalate et le manganèse, dans les cendres sulfatées, en suivant rigoureusement la méthode de Gabriel Bertrand (⁶), qui donne toute sécurité. Nous avons trouvé, à cette époque de la floraison, dans les feuilles formant la rosette de base :

	CaO (%).	Mn (%).
Taux moyen de Neuwiller...........	1,56	0,088
Vosges hercyniennes (extrêmes).....	1,47 à 2,57	0,055 à 0,220
Vosges gréseuses (extrêmes).........	0,79 à 1,20	0,075 à 0,220

(⁶) *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 9, 1911, p. 361.

Ces chiffres se rapportent à 100^g de feuilles sèches. Knutsen avait trouvé, par une méthode légèrement différente, dans la feuille de Digitale pourprée de Norvège, de 0,049 à 0,055 Mn %.

N. B. — Les feuilles de Neuwiller présentaient une activité sensiblement égale à l'étalon national 1936.

Conclusion. — Nous avons décelé pour la première fois les éléments Ti, Al, Cu, Ba, Sr, dans les feuilles de *Digitalis purpurea* L. spontanée dans les Vosges. Les trois derniers n'ont présenté que les raies les plus sensibles du spectre. Nous avons fixé le taux de Ca et de Mn dans les feuilles provenant en 1948 de diverses régions des Vosges gréseuses et des Vosges hercyniennes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence comparée des acides borique et phénylborique sur le développement des plantules de quelques Apétales.* Note (*) de M. **Fernand Caujolle** et Mlle **Georgette Bergal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On prépare des germinations de *Chenopodium murale*, *Amarantus retroflexus* et *Portulacca oleracea* selon la technique que nous avons précédemment indiquée ([1]).

Pour chaque concentration d'acide borique et d'acide phénylborique étudiée, on repère dix graines ayant manifesté le même jour les premiers signes de germination. Afin de rendre ces lots aussi homogènes que possible, on élimine les graines à germination hâtive ou tardive et l'on situe la sélection au jour où le pourcentage moyen de germination atteint au moins le tiers des graines en expérience. On évalue chaque jour la moyenne de l'accroissement en longueur des jeunes racines et des jeunes tiges; les observations sont poursuivies jusqu'à ce que l'accroissement des plantules témoins ait cessé de se poursuivre, soit pendant les 12 jours qui suivent celui de l'ensemencement. On détermine alors pour chaque concentration du produit étudié la longueur moyenne finale des racines et des tiges.

Sur la croissance des racines et des tiges des trois plantes considérées, l'acide borique est sans action pour toute concentration au plus égale à 5.10^{-5} et inhibiteur pour toute concentration supérieure à cette limite; ainsi l'acide borique à la concentration de 5.10^{-4} diminue la croissance des tiges de 50 à 80 %, celle des racines de 30 à 60 %.

Pour toute concentration au plus égale à 10^{-7} l'acide phénylborique est sans action sur la croissance des racines et des tiges. Pour toute concentration comprise entre 10^{-7} et 10^{-4}, il exerce une influence nette sur l'allongement de la racine qui est accru de 50 à 80 %; à ces mêmes doses, l'acide phénylborique n'exerce aucune influence sur l'allongement de la tige. Au-dessus de la concen-

(*) Séance du 20 avril 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1249.

tration de 10^{-4}, l'acide phénylborique devient brusquement inhibiteur de la croissance des racines et des tiges qui est réduite de 50 à 80 % par rapport aux témoins. Il est intéressant d'observer que l'inhibition de la croissance des tiges est manifeste dès la concentration de 10^{-5} alors que cette même concentration est encore favorable à l'allongement de la racine. A la concentration de 10^{-3} le développement de la tige et celui de la racine sont entièrement inhibés.

Les tableaux ci-dessous résument les résultats obtenus :

Concentration en acide borique.

	Influence de l'acide borique sur la croissance en longueur de la jeune racine de		
Action observée.	Chenopodium.	Amarantus.	Portulacca.
Indifférence........	5.10^{-12} à 5.10^{-5}	5.10^{-12} à 5.10^{-5}	5.10^{-12} à 5.10^{-5}
Inhibition..........	5.10^{-5} à 5.10^{-4}	5.10^{-5} à 5.10^{-4}	5.10^{-5} à 5.10^{-4}

Concentration en acide phénylborique.

	Influence de l'acide phénylborique sur la croissance en longueur de la jeune racine de		
Action observée.	Chenopodium.	Amarantus.	Portulacca.
Indifférence................	10^{-11} à 10^{-6}	10^{-11} à 10^{-7}	10^{-11} à 10^{-6}
Activation..................	10^{-6} à 10^{-5}	10^{-7} à 10^{-5}	10^{-6} à 10^{-4}
Inhibition..................	10^{-5} à 10^{-3}	10^{-5} à 10^{-3}	10^{-4} à 10^{-3}

	Longueur moyenne de la jeune racine de		
	Chenopodium.	Amarantus.	Portulacca.
Témoins............................	15^{mm}	17^{mm}	5^{mm}
En présence d'acide phénylborique.....	40	$28^{mm},5$	14
A la concentration de................	10^{-5}	10^{-6}	10^{-6}

Il est remarquable que le comportement de quantités identiques de bore-élément soit complètement différent suivant que ce bore est offert aux plantules sous forme d'ion borique ou d'ion phénylborique.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le déterminisme de l'effet de groupe chez* Psyllipsocus ramburi *Sélys-Longchamps* (*Psocoptère*). Note de M. **André Badonnel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note préliminaire ([1]) j'ai montré que le groupement est une condition nécessaire au développement complet des ailes chez une espèce polymorphe de Psocoptère, *Psyllipsocus ramburi* Sél.-Longch. Parmi les hypothèses qui peuvent être retenues pour interpréter cette action du groupe-

([1]) *Bull. Soc. Zool. France*, 73, 1948, p. 80-83.

ment, celle de l'existence d'un stimulus sensoriel a d'abord été soumise au contrôle expérimental, trois sortes d'excitations ayant été envisagées : visuelle, tactile ou chimique. Les expériences ont été réalisées dans les conditions suivantes : température inférieure ou au plus égale à 23° C, humidité de 76 %, alimentation par levure de boulangerie.

A. Excitation visuelle. — *Première expérience.* — Deux cellules d'élevages (*cf.* Note préliminaire) ont été divisées en quatre compartiments étanches par des cloisons transparentes de rhodoïd, et une larve venant d'éclore a été placée dans chaque compartiment. *Résultats.* Première cellule : 3 ♀ microptères et 1 ♀ intermédiaire aux types micro et brachyptère. Deuxième cellule : 2 ♀ microptères, 1 ♀ brachyptère (quatrième larve morte); donc *aucune ♀ macroptère.* Témoins : trois larves isolées dans des cellules voisines ont donné des ♀ microptères, tandis que les larves groupées par quatre et plus dans d'autres cellules n'ont fourni que des macroptères. *Conclusion* : la vision, bien que possible dans les conditions expérimentales réalisées dans les deux premières cellules, n'a pas joué comme stimulus du développement des ailes.

Deuxième expérience. — Dans un autre appareil, trois cellules fermées par une lamelle couvre-objet ont reçu respectivement 4, 7 et 12 larves; ces larves étaient éclairées normalement, d'où possibilité d'excitation visuelle; trois autres cellules, qui avaient reçu 6, 10 et 11 larves, ont été complètement obscurcies (papier noir luté à la cire sur la lamelle fermant la cellule, fond de celle-ci doublé par une soie noire à mailles serrées, appareil entouré de papier opaque pour empêcher la diffusion latérale de lumière); les larves, ainsi maintenues dans une obscurité permanente, ne pouvaient se voir. *Résultats* : dans toutes les cellules éclairées ou obscures, *uniquement des ♀ macroptères.*

Conclusion. — L'impossibilité de voir n'a pas empêché le développement des ailes; la contre-épreuve complète la première expérience en la confirmant : *l'excitation visuelle n'intervient pas dans l'effet de groupe étudié.*

B. Excitation de contact ou excitation chimique. — Pour faire un choix entre les deux hypothèses, un appareil contenant 12 cellules a été garni de la façon suivante : 6 cellules avec chacune une larve isolée (témoins); 6 cellules avec une larve isolée dans une petite cage de soie, placée au milieu de larves groupées par 5 (2 cellules), 6 (2 cellules), 7 (1 cellule), 11 (1 cellule).

Résultats. — Les témoins ont donné 6 ♀ microptères. Dans les autres cellules, il y a eu trois évasions; une larve (6 larves compagnes) a donné 1 ♀ microptère; une autre (5 larves compagnes) une ♀ anormale, à ailes antérieures du type microptère et postérieures du type macroptère; la troisième (11 larves compagnes) a fourni *une ♀ macroptère.* Comme jusqu'à présent les larves élevées isolément (plus de 50) n'ont jamais donné de ♀ macroptères, ce résultat positif (encore qu'unique) paraît établir la possibilité d'une action de nature chimique, qui demande à être confirmée par des preuves plus nombreuses. Le contact, en tout cas, n'a joué ici aucun rôle.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE. — Les expériences précédentes ont été réalisées à une température n'ayant pas dépassé 23° C; cette précaution est justifiée par les faits suivants.

a. Élevage à 23° C. — 2 larves isolées : 2 ♀ microptères; 4 larves groupées par 2 : 1 ♀ microptère et 1 ♀ macroptère par cellule; 6 larves groupées par 3 : 2 ♀ macroptères et 1 brachyptère anormale dans une cellule, 3 macroptères dans l'autre; 4 larves groupées : 4 ♀ macroptères. *L'effet de groupe joue donc normalement à* 23° C.

b. Élevage à 25° C. — 48 œufs ont donné 38 larves, groupées par 3, 4, 5 et 7 (2 cellules pour chaque groupement); 23 ♀ ont été obtenues, *toutes microptères.*

c. Élevage à 27° C. — 54 œufs ont donné seulement 30 larves, groupées par 3 (2 cellules), 4 (2 cellules), 5 (2 cellules), 6 (1 cellule). 6 ♀ seulement ont été obtenues, *toutes microptères*, dont 2 dans une cellule où il y avait eu 5 larves jusqu'au dernier stade, de sorte que le résultat est significatif.

Conclusion. — Au-dessus de 23° C, la température a une action inhibitrice sur l'influence du groupement.

En résumé, l'effet de groupe, qui se traduit chez *Psyllipsocus ramburi* par le développement complet des ailes, ne résulte pas d'une excitation visuelle; il est probablement dû à un stimulus de nature chimique (mais cette conclusion doit être confirmée); enfin, il est inhibé par les températures supérieures à 23° C. Ces premiers résultats n'épuisent d'ailleurs pas le problème de son déterminisme, dont l'étude expérimentale se poursuit.

ALGOLOGIE. — *Observations sur la nage de l'*Hæmatococcus pluvialis *Flotow*. Note (*) de Mlle **Vlasta Benešová**, présentée par M. Joseph Magrou.

On distingue dans l'espèce *Hæmatococcus pluvialis* différents ordres de cellules flagellées dont la taille varie de 4 à 50µ. Les observations ci-après se rapportent à des cellules dont la forme, ovoïde, est celle du type spécifique, la taille n'étant pas inférieure à 12µ et le caractère biologique (adulte, zoospore ou gamète) n'intervenant pas ici.

Ces observations eussent été rendues plus faciles par l'emploi du cinématographe rapide, comme l'a fait Lowndes pour d'autres Flagellés; elles sont néanmoins possibles sans cet appareil. Il est nécessaire de connaître l'organisation flagellaire : insérés au pôle antérieur, les flagelles sortent par deux orifices tubulaires divergents et sont constitués, comme me l'ont montré également la méthode à la nigrosine et celle de Casares Gil, d'une partie basale rigide et épaisse et d'un filament fin inséré au sommet.

1. *Observations dans le milieu de Detmer au tiers* (densité 1,001, viscosité 1,07 centipoise). *Culture de deux mois.* — Dans une goutte suffisamment volumineuse, toutes les formes mobiles se déplacent sensiblement de la même

(*) Séance du 2 mai 1949.

façon et peuvent effectuer les trajets en ligne droite durant lesquels la nage doit être étudiée. Le corps glisse exactement sur son axe, mais est en même temps animé d'un mouvement de rotation autour de cet axe.

Les filaments fins et les extrémités des parties basales des flagelles exécutent des mouvements complexes qu'on ne peut pratiquement pas suivre. La rotation s'effectue indifféremment à droite et à gauche. J'ai compté jusqu'à 38 tours dans le même sens, mais d'ordinaire l'inversion se produit beaucoup plus fréquemment, en moyenne après 5 tours complets. Parfois l'amplitude de la rotation est très faible et se réduit à 180° alternativement dans un sens, puis dans l'autre. Le changement de sens n'altère pas la régularité de la nage continue.

Quand la couche d'eau où se déplacent les cellules est trop peu épaisse pour permettre le mouvement normal, le corps réalise une progression qui n'est plus la nage. Les flagelles présentent une sorte de vibration qui imprime au corps un déplacement saccadé sans rotation sur lui-même.

La vitesse du déplacement dans la nage est surtout déterminée par le rapport entre la longueur des flagelles et le diamètre de la cellule. Pour 150 individus, j'ai obtenu la moyenne de 61μ,9 par seconde, soit 223mm par heure.

2. *Observations dans des milieux de viscosité croissante.* — Ces milieux ont été obtenus en additionnant le Detmer au tiers de polyvinylpyrrolidène ou subtosan, substance utilisée pour ralentir la diffusion des solutions de pénicilline dans les tissus. Les concentrations essayées s'échelonnent jusqu'à 5 et même 10 %. La viscosité, mesurée à l'aide d'un viscosimètre de Höppler, croît de 1,07 cP (Detmer au tiers à 20°) à 3,05 cP (solution à 5 %). La vitesse indiquée est la moyenne obtenue pour un minimum de 100 individus nageant en ligne droite.

Concentration du subtosan (%)	0	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Viscosité (cP)	1,07	1,11	1,22	1,40	1,60	2,05	2,47	3,06
Vitesse (mm/h)	223	220	218	208	190	160	135	119

Dans tous ces cas, le mouvement des flagelles demeure du type normal précédemment décrit.

La courbe correspondante peut être décomposée en trois parties :

1° La vitesse de nage n'est pas sensiblement changée par la viscosité, tant que celle-ci ne dépasse pas 1,22 cP.

2° Entre les viscosités 1,22 et 2,05, la vitesse s'abaisse suivant une loi linéaire.

3° Au-dessus de 2,05 cP, la vitesse paraît décroître moins rapidement.

Tout se passe comme si la résistance plus grande du milieu avait pour conséquences d'abord une réaction plus vigoureuse, maintenant presque constante la vitesse, puis, la réaction limite atteinte, une décroissance de la

vitesse. L'explication de la dernière partie de la courbe fait intervenir des faits nouveaux.

Aux concentrations élevées, le subtosan devient toxique. Après deux heures dans le milieu à 10 %, il ne reste vivantes que 90 % des cellules. Certaines ont un mouvement saccadé dû à la vibration des flagelles comme dans une couche d'eau trop mince.

A des concentrations moins fortes, l'action toxique s'exerce déjà. On peut le prouver en comparant les vitesses de mêmes cellules soumises au subtosan à 5 %, puis ramenées dans le Detmer. Si la viscosité seule ralentissait leur nage, elles devraient retrouver dans le milieu normal leur vitesse caractéristique. On constate que des cellules de grosse taille, de mouvement normal plus lent, demeurent immobiles. Les petites cellules ont bientôt récupéré leur vitesse. L'action narcotique des concentrations moyennes fait sélectionner, dans les mesures de vitesse, les cellules les plus résistantes qui sont normalement les plus rapides, et modifie la pente de la courbe.

Je n'ai pas réussi à écarter ces difficultés par l'emploi de substances visqueuses non suspectes de toxicité. L'agar et la gélatine ne fournissent pas, aux concentrations moyennes, de préparations stables. L'emploi de la gélatine a permis de confirmer la première moitié de la courbe, où le subtosan n'est pas toxique.

GÉNÉTIQUE. — *La mutation rubra de* Jæra marina Fabr. (*Isopode Asellote*). Note de M. **Charles Bocquet**, présentée par M. Louis Fage.

Il est aisé d'observer l'apparition et de suivre l'évolution des pigments oculaires chez de jeunes *Jæra*, au travers des oostégites transparents qui limitent le marsupium de la femelle mère. A la température de 16°, les yeux, visibles dès le 6e jour après la ponte, commencent, au 7e, à se pigmenter, en rouge orange très clair; la pigmentation s'accentue ensuite, le rouge devenant plus carminé, jusqu'au 10e jour; un pigment noir se dépose alors, et la couleur des yeux, passant par une série de teintes intermédiaires allant du rouge brun au brun rouge, devient noire au 12e jour. Les jeunes qui, le lendemain, sortent du marsupium, ont donc, comme les *Jæra* adultes, des yeux normalement noirs. Le pigment rouge subsiste cependant, et on l'aperçoit encore, à l'observation directe, sous forme d'un liséré plus ou moins étroit autour de chaque ommatidie. L'existence de deux pigments oculaires ne saurait faire de doute. Quant aux chromatophores, ils renferment deux jours au moins avant la naissance, des granules brunâtres vraisemblablement de même nature biochimique que le pigment noir des yeux.

L'apparition première d'un pigment rouge, masqué avant la naissance par un pigment noir, rappelle en tous points l'évolution pigmentaire des yeux de *Gammarus chevreuxi*. Or, M. Sexton a fait connaître dès 1912 la mutation

red-eye chez cet Amphipode ([1]). Par ailleurs, divers mutants à yeux rouges ont été décrits chez les Isopodes terrestres ([2]) et cavernicoles ([3]). On pouvait donc s'attendre à trouver, un jour ou l'autre, une mutation du même type chez *Jæra marina*.

La mutation rubra. — J'ai obtenu cette mutation *rubra* en mars 1948. Elle se caractérise par la persistance de la coloration rouge des yeux, légèrement orangée chez les jeunes, plus franche chez les adultes, mais aussi, ce qui ne pouvait être décelé chez *Gammarus chevreuxi*, qui ne possède pas de chromatophores, par la pigmentation rouge orangé du corps.

Les mutants sont apparus dans la F 2 d'une femelle récoltée à Roscoff, près du Laboratoire. Tous les descendants de la F 1 présentaient, comme la mère, des yeux noirs et des chromatophores noirs uniformément répartis sur le corps. Un seul des cinq couples qui en avaient été isolés a donné des jeunes *rubra*, à côté de jeunes normaux, dans la proportion mendélienne 1 pour 3 (tableau I).

TABLEAU I. — *Descendance d'un couple de* J. marina (♂ *et* ♀ *hétérozygotes pour le caractère* rubra).

Date de la ponte.	Nombre de *Jæra* à yeux noirs	Nombre de *Jæra* à yeux rouges
	dans les pontes successives du même couple.	
17 Mars 1948	7	3
7 Avril »	13	6
1 Mai »	21	6
25 » »	16	2
21 Juin »	10	5
19 Juillet »	10	3

Les mutants, isolés, puis croisés entre eux, m'ont fourni, dès la génération suivante, une souche pure entretenue depuis lors, pour le caractère *rubra*. Dans les croisements *rubra* × forme normale, tous les descendants ont des yeux noirs.

Le caractère *rubra*, que je désignerai par le symbole r, dépend donc d'un gène autosomique, récessif par rapport à un allèle $+^r$ dont dépend la pigmentation noire du corps et des yeux. La fréquence de ce gène, dans les populations naturelles, est sûrement très faible.

Mode d'action du gène rubra. — On peut supposer que, chez les mutants *rubra*, la formation du pigment normal, brun ou noir, des chromatophores

([1]) Bibliographie dans : E. W. SEXTON and A. R. CLARK, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdon*, 21, 1936, p. 357-414.

([2]) A. VANDEL, *Bull. Biol. France et Belgique*, 79, fasc. 2-3, 1945.

([3]) K. u. L. KOSSWIG, *Rev. Fac. Sc. Université Istanbul*, 5, fasc. 1-2, 1940, p. 78-132.

s'arrête à un stade intermédiaire, rouge, par suite de l'absence d'une substance nécessaire à l'accomplissement de la pigmentogenèse. Ce prépigment rouge doit se déposer aussi dans les yeux et s'y superposer au pigment rouge initialement formé.

Le parallélisme entre cette interprétation et la théorie de la mélanogenèse est frappant ; le pigment rouge de la mutation *rubra* serait, si cette interprétation se vérifie, une substance du type hallachrome. Mais il n'est pas prouvé que le pigment noir des *Jæra* soit une mélanine; peut-être appartient-il au groupe des ommochromes, qui, bien que de nature très différente des mélanines, ont été fréquemment confondus avec elles à cause de certaines réactions communes, et que Becker ([5]) a justement mis en évidence chez les Isopodes terrestres et chez *Carinogammarus roesselii*. C'est seulement lorsque les élevages des mutants *rubra* seront suffisamment importants pour permettre l'extraction des pigments que la question de leur nature pourra être efficacement reprise et que le mode d'action du gène *r* pourra être précisé.

BIOLOGIE. — *Valeur morphologique et signification physiologique de la production de voile par les levures sur milieux synthétiques.* Note de MM. **Philippe-Jacques Luteraan** et **Maurice Langeron**, présentée par M. Léon Binet.

La production d'un voile est caractéristique d'un genre : *Hansenula, Pichia, Mycoderma,* ou encore d'une espèce. Par le seul emploi de milieux non synthétiques, l'existence de ce caractère ne peut pas toujours être affirmé avec certitude en raison de la variation des résultats obtenus dans des cas limites. L'utilisation de milieux synthétiques donne une réponse nette, invariable : le caractère voile est spécifique, non contingent, ni accessoire.

On resserre encore la détermination par l'emploi de milieux différentiels suivants : milieu de Stelling-Dekker ([1]) où le glycérol est substitué, à dose moitié moindre, à l'alcool éthylique trop volatil (milieu A) ; liquide de Raulin glucosé au lieu d'être saccharosé ([2]) (milieu B) ; milieu de Czapek-Dox liquide (milieu C). La technique est toujours identique : tubes neufs de 18×18 emplis à 10^{cm} de hauteur de façon à établir des niveaux d'oxydo-réduction comparables, stérilisation suivant la technique de Sabouraud-Langeron ([3]).

On peut sérier ainsi les levures étudiées :

([5]) *Z. f. ind. Abstammuntgs-un Vererbungslehre,* Bd. 80, H. 2, 1942, p. 157-204.

([1]) *Thèse Fac. Sc.*, Utrecht, 1931.

([2]) M. Langeron et P. Guerra, *Ann. de paras.*, 16, 1938, p. 59 et suiv., p. 486.

([3]) M. Langeron, *Précis de Mycologie,* Paris, 1945.

Voile précoce sur A, B et C avec *Hansenula*, *Candida pelliculosa*, levures nitratophiles.

Voile net, en général précoce sur A et B ; pas de voile sur C avec les *Pichia*, *Candida tropicalis*, *C. Krusei*, *C. Brumpti*, *C. Lipolytica*, *C. Humicola*.

Voile discret et tardif sur A seulement avec *Saccharomyces pastorianus*, *Debaryomyces matruchoti*, *torulopsis lipofera*, *Candida albicans*, *C. Guilliermondi*, *Mycoderma vini*.

Endomycopsis capsularis, *Candida intermedia*, *C. Reukaufi*, *C. Zeylanoides* ne produisent pas leur voile sur ces milieux.

On complète encore la détermination en appprécіant la précocité, la couleur, l'aspect, la consistance, l'adhérence, le mode de chute, la reproduction du voile, l'aspect du milieu, une fermentation associée, l'importance du dépôt final.

L'emploi d'autres milieux synthétiques apporte quelque lumière sur la formation de voiles chez les levures et même chez des bactéries.

La production de voiles est liée à la formation de substances tensio-actives : les voiles souvent difficilement mouillables se constituent soit à l'interface liquide-air, soit à l'interface de deux liquides non miscibles (mince couche de pétrole ou d'un acide gras à la surface d'un milieu nutritif); les voiles transposés s'étalent à la surface d'un milieu liquide et ils persistent souvent après tyndallisation.

L'oxygène est indispensable à dose cependant très minime. Avec *Candida krusei*, les *Hansenula*, le voile apparaît sur un milieu venant de fermenter avec le procédé de Langeron et Guerra ([2]), mais il ne se forme pas à la surface du liquide contenu dans un tube-cloche où l'oxygène ne peut pénétrer par diffusion.

L'importance des voiles diminue, comme celle du Q_0^2 ([4]), dans l'ordre général des sucres suivants : glucose, saccharose, maltose, chez diverses levures.

Les substances dont l'assimilation nécessite la déshydrogénation préalable : glycérol, acides succinique et lactique favorisent leur production.

Leucine, tyrosine élèvent le Q_0^2 ([5]) et la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, du moins initialement, provoquent la formation précoce d'un voile important. Son apparition est inhibée ou retardée par la cystéine abaissant le Q_0^2 ([4]) et la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire. On retrouve l'antagonisme tyrosine-groupe sulfhydrile déjà noté à propos de l'immersion des levures dans les milieux de culture solides.

Finalement il apparaît que l'oxygène exerce une action d'ordre catalytique sur l'édification de substances tensio-actives par certaines levures, d'où l'oxytropisme apparent observé. La production de voiles est indépendante de l'exis-

([4]) A. J. Kluyver et Th. J. Custers, *Ant. v. Leeuw.*, 6, 1939-40, p. 1.
([5]) P. Beraud, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 708.

tence d'un pouvoir fermentaire, de l'éventualité d'une immersion. Elle s'observe chez des levures à pouvoir réducteur élevé, donc très sensibles à l'action de l'oxygène. Certaines d'entre elles ne forment pas leur voile sur milieux synthétiques, faute de facteurs de croissance ou azotés complémentaires; cette déficience se fait moins sentir sur milieux au glycérol.

L'examen microscopique de voile muqueux ou membraneux montre des cellules sphéroïdales en plein bourgeonnement, coalescentes par leur capsule, très riches en glycogène, sans enclaves lipidiques.

Deux remarques s'imposent à propos de la tyrosine : 1° généralement assimilée en milieu liquide par les levures précitées, elle l'est seulement par *Candida Lipolytica* sur gélose inclinée; cette assimilation dépend donc de conditions d'oxydo-réduction imposées par les circonstances de milieu et de culture.

2° elle possède une action morphogène particulière, car les cellules au lieu de se séparer après bourgeonnement restent liées les unes aux autres.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets simultanés des cancérigènes chez la mère gravide et ses fruits.* Note de Mme **Véra Dantchakoff** et M. **J.-L. Nicod**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des effets multiples s'observent dans un embryon après un traitement direct par des substances cancérigènes, dont l'intégrité est assurée par cette technique. Par contre, confiée au courant sanguin de la mère, avant même d'arriver à l'embryon, la substance administrée pourrait être inactivée, modifiée, éliminée, ou bien se montrer incapable de franchir le barrage du placenta.

Le traitement direct de l'embryon par les cancérigènes est, malheureusement, peu praticable, l'embryon succombant à une dose de $0^{mg},25$, alors qu'une dose unique, inférieure à $0^{mg},12$ ne produit pas d'effets appréciables. Cependant, j'ai réussi à maintenir en vie un petit cobaye jusqu'à l'âge de 5 semaines, après lui avoir introduit $0^{mg},12$ au 22e jour de sa vie embryonnaire.

La méthode indirecte agit sur le fruit moins brutalement et après plus longue durée. 4 petits à terme furent extraits par césarienne, après un traitement sévère de leurs mères; un nombre suffisant d'embryons fut, en outre, prélevé à différents stades. Souvent suivi d'un avortement, le traitement de la mère ne lui est pas indifférent non plus, ce qui rend compliquée et incertaine une analyse causale des effets produits dans l'embryon.

Les résultats de nos expériences révèlent des *effets conjugés dans la mère et ses fruits.*

Chez la mère, après un ravage considérable parmi les érythrocytes, on observe une forte stimulation du mésenchyme jeune de la *rate*, qui aboutit à

une métaplasie en tissu hémopoïétique, dont la prolifération n'est pas toujours accompagnée de différenciation progressive ([1]). Son foie subit une forte dégénérescence graisseuse. D'autre part, le *mésenchyme de la glande mammaire* de la femelle gravide manifeste aisément une métaplasie maligne et donne un *sarcome typique*, sur un emplacement même éloigné du lieu des injections.

Chez les fruits d'une mère traitée par des cancérigènes, les modifications observées sont tout aussi variées : une stimulation des *organes génitaux externes* dans le sexe femelle est fréquente, aboutissant occasionnellement à une énorme hyperplasie, témoignant d'une similitude des effets physiologiques exercés par les cancérigènes et les œstrogènes, démonstration cruciale, en même temps, du *passage des cancérigènes à travers le placenta*. Ce n'est, cependant, pas ce qui tue l'embryon.

Dans un fruit à terme, le *foie*, organe à fonction hémopoïétique pendant la vie embryonnaire, devient le siège d'altérations graves. Congestionné et turgescent, son tissu interstitiel est occupé par d'épaisses travées cellulaires à fonction érythropoïétique, ceci à un moment où la fonction hépatique définitive aurait dû remplacer celle de l'érythropoïèse embryonnaire. Le parenchyme d'un tel foie se trouve doublement comprimé, alors que les cellules hépatiques, à noyaux pycnotiques, à cytoplasme curieusement œdémateux, subissent fréquemment une nécrose en foyers. De telles altérations sont déjà appréciables chez un embryon de 39 jours. Associées à une dégénérescence graisseuse du parenchyme hépatique de la mère, elles se montrent fatales pour le fruit. Celui-ci, même arrivé à terme, ne survit habituellement que peu de jours et succombe occasionnellement, après avoir effectué quelques faibles respirations.

Dans de tels fruits, la *rate*, par contre, ne manifeste qu'une inhibition modérée dans sa différenciation typique en lignées de petits lymphocytes.

Seule, dans le petit cobaye de 5 semaines traité à l'époque embryonnaire et après la naissance, la *rate hypertrophiée devint le siège d'une métaplasie hémopoïétique*, semblable à celle des mères qui avaient subi un traitement pendant leur grossesse.

Des études se poursuivent pour établir, dans la chaîne des événements décrits, quelles sont leurs relations réciproques.

([1]) Véra Dantchakoff et J.-L. Nicod, *Comptes rendus*, 227, 1949, p. 1382.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Ablation fractionnée de l'anneau de Weismann chez la larve de* Calliphora erythrocephala *Meig.* Note (*) de M. **Bernard Possompès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez *Calliphora erythrocephala*, Burtt (1938) [1] a réalisé l'extirpation totale de l'anneau de Weismann ou glande en anneau et a montré qu'une telle opération entraîne la suppression de la métamorphose. Dans une brève Note, de Lerma (1942) [2] signale des résultats analogues obtenus chez *Sarcophaga carnaria*.

J'ai pu moi-même mettre au point une technique permettant l'ablation totale de l'anneau de Weismann et aussi l'ablation élective de différents constituants de ce complexe glandulaire. Cette technique présente l'avantage de n'entraîner aucune expulsion d'organes et d'abaisser, de ce fait, la mortalité à un taux infime. Seuls seront exposés dans cette Note les résultats d'expériences portant sur des larves du dernier stade de *Calliphora erythrocephala*.

L'ablation totale de la glande en anneau sera sommairement évoquée. Pratiquée avant une période critique dont la position chronologique n'a pu encore être déterminée avec précision, elle s'accompagne d'un maintien définitif de l'état larvaire; les animaux opérés survivent jusqu'à 43 jours après l'intervention, la durée de la vie larvaire se trouvant ainsi prolongée d'environ 40 jours, c'est-à-dire multipliée par 5 ou 6. Effectuée après cette période critique, l'ablation n'empêche plus la formation du puparium ni la nymphose.

L'extirpation fractionnée de l'anneau de Weismann a donné lieu à deux types d'expériences :

1° *Ablation de la partie médio-dorsale de la glande en anneau.* — Le fragment ôté comporte presque exclusivement le *corpus allatum*. Aucune perturbation du développement n'en résulte; la pupaison se déroule normalement. Pour des raisons purement mécaniques, un pourcentage relativement faible d'imagos éclosent, sans aucun retard notable d'ailleurs. Les Mouches ainsi obtenues, dépourvues de *corpus allatum*, se comportent normalement et, fait inattendu, chez les femelles, les ovocytes achèvent leur développement. Tous les individus mis en élevage s'accouplent, pondent et leurs œufs éclosent.

Ainsi, en accord avec les faits observés dans les autres ordres d'Insectes, l'ablation du *corpus allatum* au dernier stade larvaire ne retentit nullement sur la métamorphose. Par contre, la fécondité des femelles privées de leur *corpus*

(*) Séance du 2 mai 1949.

(1) *Proc. R. Soc. London*, 126, B. 1938, p. 210-223.

(2) *Boll. di Zool.*, 13, 1942, p. 109-113.

allatum paraît en désaccord avec les données actuellement admises; il résulte en effet des travaux de E. Thomsen (1942) ([3]) sur *Calliphora erythrocephala* et de Day (1943) ([4]) sur *Lucilia sericata* et *Sarcophaga securifera* qu'une action hormonale issue du *corpus allatum* imaginal semble nécessaire à la réalisation de la vitellogenèse. Il faut cependant rappeler que ces auteurs ont opéré sur l'imago lui-même, c'est-à-dire dans des conditions expérimentales très différentes. Je n'ai encore étudié qu'occasionnellement le développement ovarien et je me borne à signaler ces faits dont je poursuis une étude plus précise.

2° *Ablation de la glande péritrachéenne.* — De grandes cellules glandulaires constituent la masse principale de l'anneau de Weismann des larves de Diptères Cyclorrhaphes et forment un fer à cheval ouvert ventralement. L'ensemble de ces cellules, homologué par E. Thomsen aux glandes péricardiales des Phasmides, considéré par Poulson comme représentant les *corpora cardiaca*, sera ici désigné, par analogie avec des formations du même type présentes chez des Nématocères (Possompès, Cazal) et chez des Brachycères orthorraphes (Possompès), sous le nom de *glande péritrachéenne*.

L'ablation de la glande péritrachéenne est beaucoup plus délicate à réaliser. Inclus dans la masse de cette glande, le *corpus allatum* se trouve inévitablement entraîné, mais aucun inconvénient n'en résulte du fait de l'inactivité de cet organe au stade larvaire envisagé. La difficulté consiste essentiellement à isoler totalement le *corpus cardiacum* étroitement solidaire de la glande en anneau et qui doit demeurer en place muni de toutes ses connexions. Seul un contrôle histologique peut permettre d'affirmer qu'aucun élément de la glande péritrachéenne n'a échappé à l'opération.

Une telle ablation, parfaitement réalisée, entraîne une persistance définitive de l'état larvaire de l'animal dans des conditions comparables à celles qui ont été exposées plus haut relativement à l'ablation totale de l'anneau de Weismann.

Dans les cas où, du fait d'une extirpation incomplète, la larve a conservé des fragments même très réduits de la glande péritrachéenne, la formation du puparium et la nymphose suivent leur cours, mais avec un retard plus ou moins notable (1 à 3 jours). Des anomalies peuvent se manifester dans la formation du puparium : durcissement et noircissement de la cuticule larvaire non accompagnés du raccourcissement en tonnelet, modifications tégumentaires elles-mêmes parfois incomplètes et localisées à certains niveaux avec persistance de l'état larvaire à d'autres, etc.

Il peut donc être affirmé que, parmi les constituants de l'anneau de Weismann, seule la glande péritrachéenne induit la formation du puparium et le développement nymphal. Le *corpus cardiacum* ne semble pas intervenir dans le déclenchement de ces phénomènes. Cette conclusion s'accorde avec les données

([3]) *Vidensk. Medd. Dansk. Natur. For.*, 106, 1942, p. 320-405.
([4]) *Biol. Bull.*, 84, 1943, p. 127-140.

de M. Vogt établies sur *Drosophila* à la suite d'expériences d'implantation dans des régions postérieures de larves du troisième stade ligaturées, avant la période critique, en arrière de la glande en anneau.

Ces vues ont été confirmées par des expériences d'implantation pratiquées sur des larves *permanentes* obtenues par ablation de l'anneau de Weismann et qui seront ultérieurement décrites.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Oxydation de l'acide β-hydroxybutyrique par un processus microbien.* Note (*) de MM. **Maurice Lemoigne** et **Claude Péaud-Lenoël**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Certaines bactéries comme *Bacillus anthracis, Bacillus cereus, Bacillus mycoïdes, Azotobacter chroococcum* et surtout *Bacillus megatherium*, forment et accumulent d'importantes réserves de lipides donnant par hydrolyse de l'acide β-hydroxybutyrique. Nous avons recherché si cet acide pouvait être métabolisé par ces organismes.

D. E. Green, J. G. Dewan et J. F. Leloir (1) en 1937 ont montré, dans le muscle cardiaque des animaux supérieurs, l'existence d'une déshydrogénase qui transforme réversiblement l'acide β-hydroxybutyrique en acide acétylacétique.

Par contre, jamais une réaction analogue n'a été mise en évidence chez les bactéries. Dooren de Jong, en 1926, constate que de rares microbes attaquent faiblement cet acide (2). En 1938, W. Franke et W. Peris (3), en 1944, W. Franke et A. Schillinger (4), employant la méthode des bactéries non proliférantes et la technique de Warburg, montrent que *Bacillus megatherium* est tout à fait incapable d'oxyder l'acide β-hydroxybutyrique.

Nous avons repris cette question avec des techniques analogues pour mesurer l'absorbtion de O_2 et le dégagement de CO_2.

Si les bactéries ne sont pas lavées, le glucose lui-même n'élève la quantité de O_2 fixé, par milligramme de bactéries sèches, que de 33 à 44^{mm^3} par heure. Dans de telles conditions l'acide β-hydroxybutyrique n'a pas d'effet apparent. La respiration endogène masque l'oxydation du substrat.

Si les bactéries sont lavées à fond, sans prendre aucune précaution en ce qui

(*) Séance du 20 avril 1949.

(1) *Bioch. J.*, 31, 1937, p. 934.

(2) Doreen de Jong (cité par Stephenson), *Bacterial Metabolism*, London, 2e édit., 1939, p. 190.

(3) *Biochem. Z.*, 295, 1938, p. 61.

(4) *Biochem. Z.*, 316, 1944, p. 313.

concerne la température, la respiration endogène est alors très faible, mais l'oxydation de divers substrats, même celle du glucose, reste insignifiante. Ceci explique sans doute les résultats négatifs de W. Franke, W. Peris et A. Schillinger. Par contre si l'on ne fait que trois lavages, ce qui est suffisant pour éliminer les substrats solubles imprégnant les microbes et si l'on opère à température assez basse en faisant les lavages à l'eau glacée, on constate, au contraire, que l'acide β-hydroxybutyrique est nettement oxydé par *Bacillus megatherium*. Ainsi, dans cinq essais, les respirations endogènes et les respirations en présence d'acide β-hydroxybutyrique M/10 étaient, en millimètres cubes de O_2 par milligramme de bactéries sèches, en une heure :

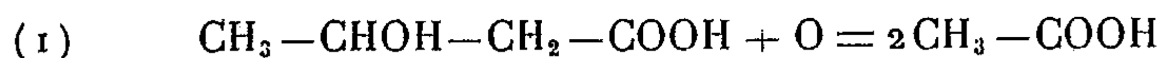
sans substrat	9,2	11,3	9,3	12,5	10,3
avec acide β-hydroxybutyrique	19,0	22,0	22,0	44,0	22,5

Dans le quatrième de ces essais, 26 % de l'acide β-hydroxybutyrique avaient été oxydés en une heure.

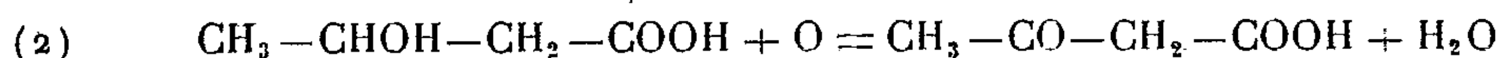
Si l'on détermine d'autre part et dans les mêmes conditions les quantités de CO_2 dégagées, on voit que celles-ci sont pratiquement nulles. Voici quatre essais :

sans substrat	6,2	10,1	8,6	6,4
avec acide β-hydroxybutyrique	10,0	9,3	8,9	6,6

Ceci nous conduit à admettre une des deux formules suivantes :



(1) $CH_3-CHOH-CH_2-COOH + O = 2CH_3-COOH$



(2) $CH_3-CHOH-CH_2-COOH + O = CH_3-CO-CH_2-COOH + H_2O$

Même en opérant sur une plus grande quantité de microbes et de substrat, il nous a été impossible de mettre en évidence l'acide acétique. La formule (1) n'est donc pas admissible.

Par contre, il a été facile de caractériser et de doser l'acide acétylacétique. Cet acide a été caractérisé par la formation de 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'acétone résultant de la décarboxylation de l'acide acétylacétique. Cette hydrazone fondait à 123° et, fondait à la même température en mélange avec la 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'acétone pure. De plus en appliquant la méthode de P. Heitzmann ([5]), nous avons constaté par la réaction de Legal que nous avions bien affaire à de l'acide acétylacétique.

L'un de nous avait signalé la présence de l'acétone dans les cultures de *Bacillus megatherium* ([6]) qui provient sûrement de la décarboxylation spontanée

---

([5]) *Ann. I. P.*, 69, 1943, p. 27 et 87.

([6]) M. Lemoigne, *Ann. I. P.*, 41, 1927, p. 148.

de l'acide acétylacétique dont Heitzmann [5] a caractérisé également la présence normale dans ces conditions.

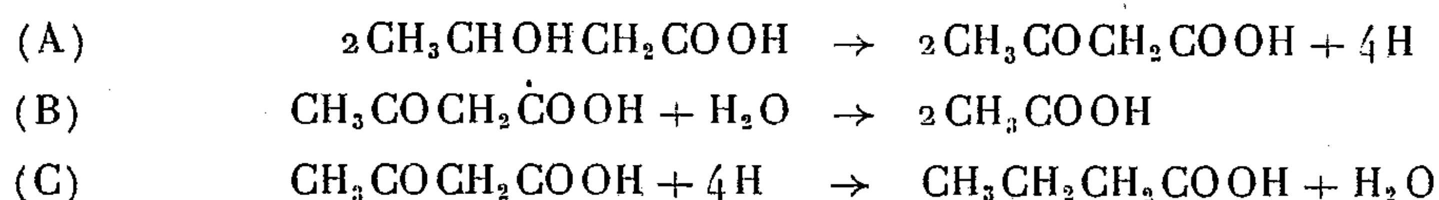
Il est donc facile, en employant la technique des bactéries non proliférantes, de mettre en évidence l'existence d'une déshydrogénase de l'acide β-hydroxybutyrique dans *Bacillus megatherium*, comme Green l'avait fait dans la cellule animale, et contrairement à ce que Franke avait affirmé.

Il reste à déterminer si dans les conditions de vie normale l'acide acétylacétique formé peut être métabolisé par le microbe.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Transformation de l'acide acétylacétique en acides acétique et butyrique par les suspensions de* Cl. acetobutylicum *et de* Cl. butyricum *var.* saccharobutyricum. Note de M. **Georges N. Cohen** et Mme **Germaine Cohen-Bazire**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les auteurs admettent que l'acétylacétate est un intermédiaire dans la formation de l'acétone par les bactéries acétonobutyliques. Johnson, Peterson et Fred [1] l'ont montré avec des suspensions lavées de *Cl. acetobutylicum*. Davies [2] a étudié les caractéristiques de l'enzyme responsable de la décarboxylation de l'acétylacétate. On n'indique pas dans les publications la formation d'acides volatils à partir d'acétylacétate pour les bactéries butyriques. Lehninger [3] note le premier avec *E. coli* une scission hydrolytique enzymatique de l'acétylacétate en deux molécules d'acétate selon $CH_3COCH_2COOH + H_2O \rightarrow 2\,CH_3COOH$.

Le fait que le β-hydroxybutyrate nous donne du butyrate *et de l'acétate* avec toutes les souches que nous avons utilisées [4] nous a incités à chercher si cet acétate ne pouvait pas provenir de la formation intermédiaire d'acétylacétate selon le schéma :



(A) $2\,CH_3CHOHCH_2COOH \rightarrow 2\,CH_3COCH_2COOH + 4\,H$

(B) $CH_3COCH_2COOH + H_2O \rightarrow 2\,CH_3COOH$

(C) $CH_3COCH_2COOH + 4\,H \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + H_2O$

La réaction globale (A) + (B) + (C) serait alors



(D) $2\,CH_3CHOHCH_2COOH \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2\,CH_3COOH$.

(*) Séance du 2 mai 1949.

(1) *J. biol. Chem.*, 101, 1933, p. 145.

(2) *Bioch. Journ.*, 37, 1943, p. 230.

(3) *J. biol. Chem.*, 143, 1942, p. 147.

(4) G. N. Cohen et G. Cohen-Bazire, *Nature*, London, 162, 1948, p. 578 et VIIIe Congrès de Chimie biologique. Paris, 1948 (sous presse).

Si cette hypothèse est exacte, on doit trouver avec les suspensions de toutes les souches une hydrolyse de l'acide acétylacétique en acide acétique; on doit pouvoir également trouver des corps qui réduisent l'acétylacétate en butyrate. La première de ces conséquences a été expérimentalement vérifiée. Les suspensions des souches *déficientes Cl. acetobutylicum* PC 48 et L 41, qui ne produisent que de l'acide acétique à partir de pyruvate ([4]), hydrolysent quantitativement l'acide acétylacétique en acide acétique. Les souches *normales* de *Cl. acetobutylicum* FD II et de *Cl. butyricum*, var. *saccharobutyricum* GR_4, qui produisent à partir de pyruvate les acides acétique et butyrique ([4]), donnent à partir d'acétylacétate, outre l'acide acétique, une proportion importante d'acide butyrique, ce qui montre l'existence dans ces suspensions de donateurs d'hydrogène intracellulaires. Ces donateurs ne sont d'ailleurs pas générateurs d'acides volatils par eux-mêmes, les suspensions seules donnant des valeurs d'acidité volatile négligeables.

Volume total, 20^{ml}. pH 7 (tampon phosphates M/15); T : 37°C; temps d'incubation, 20 heures. La quantité d'N bactérien correspondant à la quantité totale de suspension utilisée figure entre parenthèses.

Souche.	Acétylacétate initial. (micromol.).	Acétylacétate consommé. (micromol.).	Acidité volatile totale. (micromol.).	Acide butyrique. (micromol.).	Acide acétique. (micromol.).	Acide butyrique % de l'acidité totale.
PC 48 (4 mgm.)...	1935	796	1482	0	1482	0
PC 48 (4 mgm.)...	1935	819	1274	0	1274	0
GR 4 (7,3 mgm.)..	1935	747	1131	350	781	31
GR 4 (7 mgm.)...	1935	792	1040	374	666	36

Le fait que les souches *normales* réduisent partiellement l'acétylacétate donne à penser qu'en présence d'un substrat réducteur approprié, l'acétylacétate peut donner naissance à des quantités importantes de butyrate. Il est peu vraisemblable que le donateur endogène soit le pyruvate, auquel cas les suspensions seules donneraient une acidité appréciable. Nous avons alors pensé au lactate qui seul n'est pas fermenté ([5]). La différence entre suspensions de souches *normales* et de souches *déficientes* subsiste : le lactate réduit l'acétylacétate de façon importante, mais avec les suspensions *normales* seulement.

On peut envisager soit une réduction directe de l'acétylacétate, soit son hydrolyse préalable en acétate avec formation consécutive de butyrate à partir du couple lactate-acétate, réaction réalisable par les souches normales ([5]).

([5]) G. N. Cohen et G. Cohen-Bazire, *Ann. Inst. Pasteur*, 1949 (sous presse).

Expérience. (Mêmes conditions que précédemment.)

Souche.	Lactate initial.	Acétylacétate initial.	Acétylacétate consommé.	Acidité volatile totale.	Acide butyrique.	Acide acétique.	Acide butyrique % de l'acidité totale.
	(micromol.).		(micromol.).		(micromol.).		
PC 48 (4 mgm.) ...	0	1935	796	1482	0	1482	0
	2000	1935	579	1040	0	1040	0
GR 4 (7 mgm.).....	0	1935	792	1040	374	666	36
	2000	1935	487	949	617	332	65
GR 4 (7 mgm.)....	0	1935	835	1378	372	1006	27
	2000	1935	912	1170	772	398	66
GR 4 (7,3 mgm.)..	0	1935	747	1131	350	781	31
	2000	1935	618	949	560	389	59

D'après nos bilans expérimentaux, il s'agit principalement d'une réduction directe de l'acétylacétate en butyrate. En effet, si l'acétylacétate était préalablement hydrolysé, il donnerait deux molécules d'acétate par molécule. Pour des quantités constantes de lactate, on devrait donc obtenir moins de butyrate en présence d'acétylacétate qu'en présence d'acétate. Or, alors que le couple lactate-acétate fournit un mélange d'acides acétique et butyrique dans lequel la proportion d'acide butyrique varie de 33 à 50 % ([5]), le couple lactate-acétylacétate donne de 59 à 66 % de butyrate. Nos expériences laissent entendre que l'acétylacétate est non seulement un intermédiaire dans la formation de l'acétone, mais aussi dans la synthèse des corps en C_4 ([6]).

TOXICOLOGIE CELLULAIRE. — *Sur les actions toxiques des isomères de l'hexachlorocyclohexane.* Note de Mlle **Hélène Poussel**, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons appliqué à l'étude des actions toxiques des isomères α, γ et δ de l'hexachlorocyclohexane, la méthode générale basée sur l'emploi de la notion de seuil d'activité thermodynamique [Gavaudan, Dodé, Poussel ([1]), Gavaudan ([2]), Poussel ([3]) et ([4])]. Les activités étaient déterminées d'après

([6]) Ceci en accord avec les résultats de Wood, Brown et Werkman (*Arch. Biochem.*, 6, 1945, p. 243).

([1]) *Mémor. Industr. Chim. de l'État*, 31, 1944, p. 384-420.

([2]) *Pharmacodynamie de l'inhibition de la caryocinèse* (*Thèse État Pharmacie*, 1945, p. 1-337, Paris).

([3]) et ([4]) *Gall. Biol. Acta*, 1, 1948, p. 11-23, et 1, 1948, p. 114-119.

les solubilités mesurées selon une technique antérieurement utilisée par nous ([2]) et ([3]). Les tests employés étaient un insecte aquatique, le notonecte, et un crustacé d'eau douce, la daphnie. Nous examinerons les points suivants : 1° la toxicité comparée des isomères; 2° le renforcement ou l'abaissement de toxicité par modification du milieu; 3° le problème du mécanisme d'action.

1° Par exemple, dans une série d'expériences sur la daphnie (mortalité de 100 %), on a obtenu ces résultats : α, saturation, 50 heures; δ, activité 0,05, 48 heures; γ, activité 0,001, 30 heures. Les seuils sont : $\alpha = 0,10$; $\delta = 0,02$; $\gamma = 0,0005$. L'isomère γ est le plus actif, ici, comme dans diverses observations classiques. Dans le tableau suivant, nous résumons diverses données relatives à la toxicité des trois isomères (activités thermodynamiques).

	Activités seuils		
Phénomènes toxiques.	α.	γ.	δ.
Lyse *Glaucoma piriformis* ([5])	1	1	1
Arrêt de croissance *Glaucoma piriformis* ([5])	–	1	0,33
Bloquage mitose, *Psammechinus* ([6])	–	1	1
» *Paramæcium* ([7])	–	0,10–1	–
» *Allium* ([8])	–	1	–
» *Triticum* ([9])	1	0,10	0,10
Paramécies polynucléées ([7])	–	0,05–0,10	–
Sensibilité de 11 souches bactériennes ([10])	–	–	1
Excitation muscle dorsal de sangsue ([9])	–	0,20	–
Mort de la daphnie ([9])	0,10	0,0005	0,02
Mort du notonecte ([9])	0,5	0,0005	–

On voit qu'à part les actions exercées sur la daphnie et le notonecte, les phénomènes toxiques se passent dans la marge d'activité des toxiques indifférents ([1]), ([2]), ([3]), ([4]). D'après quelques auteurs et dans des cas spéciaux l'isomère δ a été considéré comme le plus toxique, mais ces auteurs paraissent avoir opéré à saturation.

2° Facteurs synergiques ou antagonistes. Nous avons associé l'action de l'isomère γ, le plus actif, à celle de l'isomère α moins actif ou à celle de substances atoxiques ou peu toxiques. L'acénaphtène et l'azobenzène renforcent

---

([5]) P. Chaix, L. Lacroix et Cl. Fromageot, *Bioch. Bioph. Acta*, **2**, 1948, p. 57.
([6]) P. Chaix et L. Lacroix, *Bioch. Bioph. Acta*, **2**, 1948, p. 86.
([7]) L. Lloyd, *Nature*, **159**, 1947, p. 135; **162**, 1948, p. 188.
([8]) N. Nybom et B. Knutsson, *Hereditas*, **33**, 1947, p. 220.
([9]) Résultats personnels.
([10]) Cl. Fromageot et M. Confino, *Bioch. Bioph. Acta*, **2**, 1948, p. 142.

l'action de l'isomère γ sur le notonecte; l'octochlorocyclohexane (F 147°) et l'isomère α de l'hexachlorocyclohexane renforcent l'action de l'isomère γ sur la daphnie.

D'autre part, un abaissement de température de 10° a abaissé la toxicité d'environ trois fois (notonecte). Enfin, les sels de calcium (daphnie et notonecte), ont abaissé notablement la toxicité du D. D. T. et de l'isomère γ (observation analogue à celle de Gordon et Welsh avec le D. D. T [sur le nerf d'écrevisse ([11])].

3° On voit qu'un certain nombre des actions toxiques des isomères de l'hexachlorocyclohexane s'exercent dans la marge d'activité des narcotiques indifférents (inhibitions de croissance ou de division cellulaire, certains phénomènes d'excitation). Le mécanisme de la toxicité semble banal et relever d'une action du type purement physique (en milieu lipoïdique); ceci exclut toute idée d'antagonisme entre l'isomère γ et le mésoinositol, ainsi que nous l'avons antérieurement souligné ([4]).

D'autre part, les symptômes d'excitation et l'action antagoniste des sels de calcium rapprochent l'isomère γ du D. D. T. L'isomère γ serait toutefois un excitant du système nerveux plus spécifique que le D. D. T., dont l'action semble physique.

La basse activité thermodynamique seuil de l'isomère γ suggère ou bien qu'il ne s'agit pas d'une simple action du type physique indifférent, ou bien que la toxicité est due à des particularités de la physiologie nerveuse des arthropodes.

La séance est levée à 16h.

L. B.

([11]) *Journ. of. cell. and compar. physiol.*, 31, 1948, p. 395-419.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 28 mars 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Dov Tamari*, Caractérisation des semi-groupes à un paramètre :

Page 1092, 25e ligne, *au lieu de* $I \times I$ *sur* I, *lire* $I \times I$ *dans* I.
» » 26e ligne, *au lieu de* $+ \infty)$, *lire* $+ \infty))$.
» 1093, 1re ligne, *au lieu de* semi-groupe d'intervalle, *lire* semi-groupe.
» 1094, 1re ligne, *au lieu de* $i), k$, *lire* i, k.

(*Comptes rendus* du 4 avril 1949.)

Note présentée le même jour, de M. *Dov Tamari*, Groupoïdes reliés et demi-groupes ordonnés :

Page 1185, 20e ligne, au lieu de *droite* $a\chi(a)$, lire *droite* $\chi(a)$.
» 1186, 14e ligne, *au lieu de* $ab' = cd'$, *lire* $ab' < cd'$.

(*Comptes rendus* du 25 avril 1949.)

Note présentée le même jour, de MM. *Raoul Lecoq*, *Pierre Landrin* et *Jean Solomidès*, Mesure comparative du pouvoir bactériostatique des six dinitrophénols isomères :

Page 1386, dernière ligne du 2e tableau, *au lieu de*

Staphylocoque doré.................... 1/100 000

lire

Staphylocoque doré.................... 1/ 10 000

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 MAI 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *La cause initiale des mutations vriesiennes d'après des observations récentes faites sur des* Œnothera *et des* Cymbalaria. Note (*) de M. **Auguste Chevalier.**

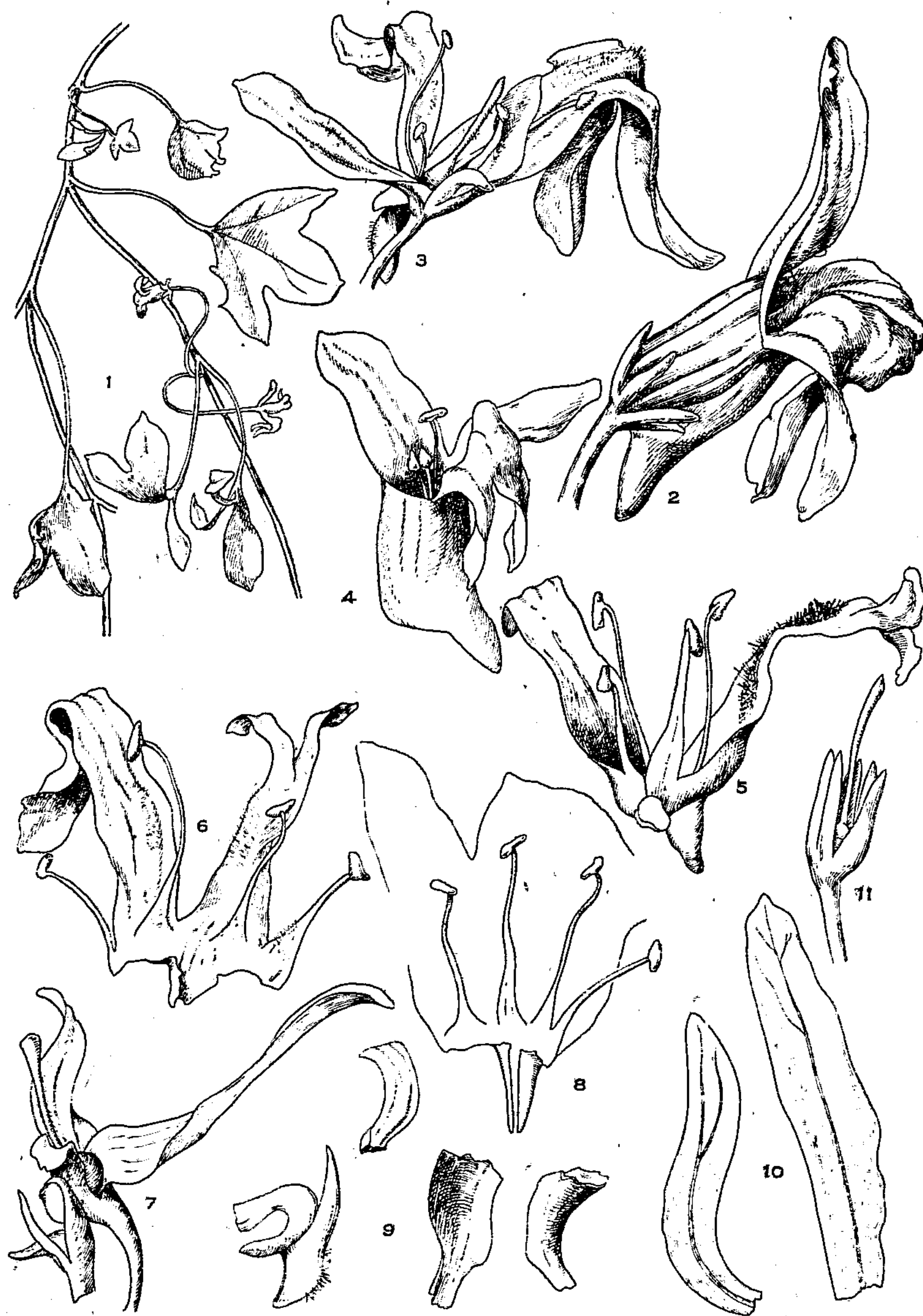
On donne le nom de *mutations vriesiennes* aux formes nouvelles, de caractère spécifique, apparues brusquement et totalement héréditaires dans la descendance d'une espèce ayant atteint la phase de mutabilité. De Vries opéra sur une plante nommée par lui *Œnothera lamarkiana* rencontrée à l'état subspontané dans les champs près d'Amsterdam; elle était originaire d'Amérique du Nord, on ne l'a pas retrouvée à l'état sauvage. Dès le début de ses expériences, De Vries obtint sept espèces nouvelles. Suivant ses propres indications (1) : les espèces nouvelles se montrent subitement sans intermédiaire, ni préliminaire..., « les nouveaux caractères apparaissent sans direction aucune comme le veut le grand principe darwinien de l'évolution. Ils comprennent tous les organes et les font changer dans tous les sens; ils sont tantôt nuisibles, tantôt indifférents, tantôt probablement avantageux pour leurs porteurs. La plupart des formes décrites sont plus faibles ou plus fragiles que le *Œ. lamarckiana* ». Depuis cinquante ans de nombreux naturalistes ont étudié les *Œnothera* en mutation de De Vries. La plante qui a servi de point de départ à ces recherches n'est probablement pas *Œ. lamarckiana* (Sér.) A. P. DC (1828), *Œ. grandiflora* Lamk. (non Ait.), comme l'a montré l'examen du type de Lamarck fait par B. M. Davis, lequel est très voisin, sinon identique de *Œ. suaveolens* Desf. du Jardin des Plantes de Paris.

Pour éviter toute confusion, la plante de De Vries a été nommée *Œ. neola-*

(*) Séance du 9 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 361-363.

marckiana Hégi. Cette plante n'est pas connue à l'état spontané en Amérique; c'est probablement déjà une mutation ou un hybride; elle figure depuis près de



Cymbalaria toutoni et les anomalies florales qu'il présentait dans les cultures du Muséum de Paris en 1942-44. — 1. Rameau portant une fleur normale. — 2, 3, 4, 5. Fleurs anormales diverses. — 6. Corolle ouverte et étalée d'une fleur anormale montrant les pétales et l'androcée, — 7. Fleur anormale exclusivement femelle. — 8. Androcée d'une fleur anormale. — 9 et 10. Éperon, étamines avortées et pétales d'une fleur anormale. — 11. Fleur après la chute de la corolle. Dessin sur le vif.

80 ans sur les catalogues des marchands grainiers comme plante ornementale. La forme que De Vries observa dans les champs vers 1886, de son aveu même, n'était pas normale. Elle présentait des formes tératologiques nombreuses :

fasciations de tiges, feuilles se présentant sous forme de gobelets ou d'ascidies : la plupart des descendants de ces formes anormales étaient atteints de chlorose, et mouraient à l'état juvénile ou s'étiolaient. C'est même pour ces raisons qu'il mit en culture cet *Œnothera*. En 1911, un élève de De Vries (²) découvrit que l'une des mutations les plus remarquables, *Œ. nanella*, forme naine et chétive quoique à grandes fleurs, avait toutes ses parties envahies par une Bactériacée et la zooglée de la Bactérie persistait dans le corps des descendants. La Bactérie se transmettait donc aux descendants par les graines. De Vries reconnut lui-même que cette morphose était en réalité une bactériose. Les autres espèces obtenues par mutation ne présentaient pas de parasitisme, mais on peut se demander aujourd'hui si toutes les mutations n'ont pas été provoquées par le parasitisme dont étaient atteints les *Œnothera* de Hollande.

Cependant, par la suite, les variations discontinues de *Œ. néolamarckiana* furent attribuées à la nature hybride de cette plante. En réalité, comme l'a montré O. Renner, les Œnothères du groupe *Onagra* ont une complexité chromosomique héréditaire très spéciale, mais cela n'exclut pas l'intervention dans la variation de virus sécrétés par des Bactériacées ou même de viroses mutantes provoquant des changements héréditaires et amenant des variations différentes de celles que fait naître la disjonction mendélienne. Un peuplement d'*Œnothera biennis* que nous suivons en culture depuis quelques années nous montre aussi des anomalies foliaires qui témoignent que la plupart de ces plantes sont atteintes par une virose.

La mutation que nous suivons depuis quelques années du *Cymbalaria toutoni* issu du *C. muralis* nous confirme dans ces vues. Nous avons montré l'origine et les caractères de l'espèce nouvelle (³) et nous complétons ici la description. Pendant les premières années de l'apparition de la mutation, *C. toutoni* a présenté de nombreuses anomalies florales comme le montre le dessin ci-joint dû à Mlle M. Vesque; puis après quelques années ces états tératologiques ou tératomes sont devenus très rares comme si le virus était moins actif et tendait vers un état d'équilibre, bien que l'espèce apparue garde les caractères spécifiques qui la différencient du *C. muralis* persistent et témoignent qu'elle constitue une espèce linnéenne de premier ordre, intégralement héréditaire par les graines fertiles; elle se bouture facilement et ne nous a, jusqu'à présent, donné aucune variation de bourgeon héréditaire. Ses caractères spécifiques sont : des feuilles profondément trilobées, cunéiformes à la base. Enfin fleurs et fruits ainsi que plantules se différencient complètement de *C. muralis* bien que ne présentant plus que rarement des anomalies. Tous les descendants, jusqu'à la génération actuelle se ressemblent entre eux. La plante mutée est bien héréditaire et tout milite pour en faire une bonne espèce.

(²) H. H. Zeijstra, *Biol. Centralbl.*, Bd 31, n° 6, p. 129-138.

(³) Aug. Chevalier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1077 et 1167.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Galega officinalis *L.* Note de M. **René Souèges**.

Il paraît à peu près certain que l'étude de la famille des Papilionacées va permettre de découvrir dans les processus de construction de l'embryon proprement dit, des variations comparables, par leur étendue, à celles que L. Guignard ([1]) a naguère constatées dans le mode de développement du suspenseur. Les lois de l'embryogenèse, chez le *Galega officinalis*, seul représentant de la tribu des Astragalées qui ait été jusqu'ici examiné, fort nettes et d'une détermination assez aisée, n'ont été observées chez aucune autre espèce de la famille. Elles offrent, par contre, des analogies profondes avec celles qui ont servi à établir le type embryonomique auquel se rattachent le *Drosera rotundifolia* L. ([2]) et l'*Actinidia chinensis* Planch. ([3]). Ce rapprochement assez inattendu confirme pleinement l'idée qui s'est dégagée de mes premières recherches sur les Légumineuses, à savoir, que cette vaste alliance n'apparaît nullement comme un groupe embryogénique homogène, le grand nombre d'espèces qui la composent possédant sans aucun doute des origines phylétiques fort diverses ([4]).

La cellule apicale et la cellule basale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1), se divisant transversalement, engendrent une tétrade *première* linéaire de la catégorie C_2, dont les deux éléments inférieurs, *m* et *ci*, par segmentations transversales suivies plus tard, dans les portions distales, de segmentations longitudinales assez bien orientées, contribuent à la formation de la partie inférieure d'un suspenseur d'assez grande taille (*fig.* 12, 16). Le stade tétrade correspond à une période de forte croissance du proembryon comme le démontrent les figures 3, 4 et 6. Le proembryon, en 8, est devenu hexacellulaire par division des deux cellules inférieures de la tétrade.

Le blastomère *cd* (*fig.* 3 à 8) se partage, par une cloison transversale, en deux éléments superposés *h* et *h'* (*fig.* 9 à 12); peu après, *cc* se segmente de même pour engendrer les deux éléments *ce* et *cf* (*fig.* 10, 11, 12). Il se constitue, de la sorte, une tétrade *seconde* de la catégorie C_2 aux dépens de la cellule apicale; les quatre éléments de cette tétrade correspondent à quatre étages fondamentaux du proembryon.

L'élément *h'* de l'étage inférieur se divise généralement avant les deux autres; il produit par segmentations verticales méridiennes deux (*fig.* 13, 14, 18, 19) puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 16, 17), qui, plus tard, se cloisonnent transversalement (*fig.* 20, 22). Les divisions transversales peuvent précéder les segmentations longitudinales (*fig.* 20) et quelquefois les unes et les autres se montrent assez irrégulières (*fig.* 15). Quoi qu'il en soit, l'étage *h'* donne seulement naissance à la partie supérieure du suspenseur et ne participe nullement à la construction de l'embryon ou de la plante (*fig.* 36).

([1]) *Annales Sc. nat. Bot.*, 9e série, 12, 1881.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1457. *Titres et Travaux*, 2e *notice*, 1937, p. 20.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 430.

([4]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 539.

L'élément *h* produit de même quatre cellules circumaxiales (*fig.* 14, 15, 16, 22), qui, à leur tour, se segmentent transversalement (*fig.* 24 à 28) et engendrent, après de nouvelles divisions transversales et longitudinales, le massif hypophysaire (*fig.* 30 à 36). Quelquefois, dans l'élément *h*, le premier cloisonnement est nettement transversal (*fig.* 18).

Le blastomère subterminal *cf* procède de même par divisions, d'abord verticales méridiennes (*fig.* 14, 16 à 20), puis transversales (*fig.* 23 à 28). Comme le montrent les figures 29 à 34, par de nouvelles parois verticales et transversales, se constitue, aux dépens de *cf*, toute la région du corps correspondant à la partie hypocotylée.

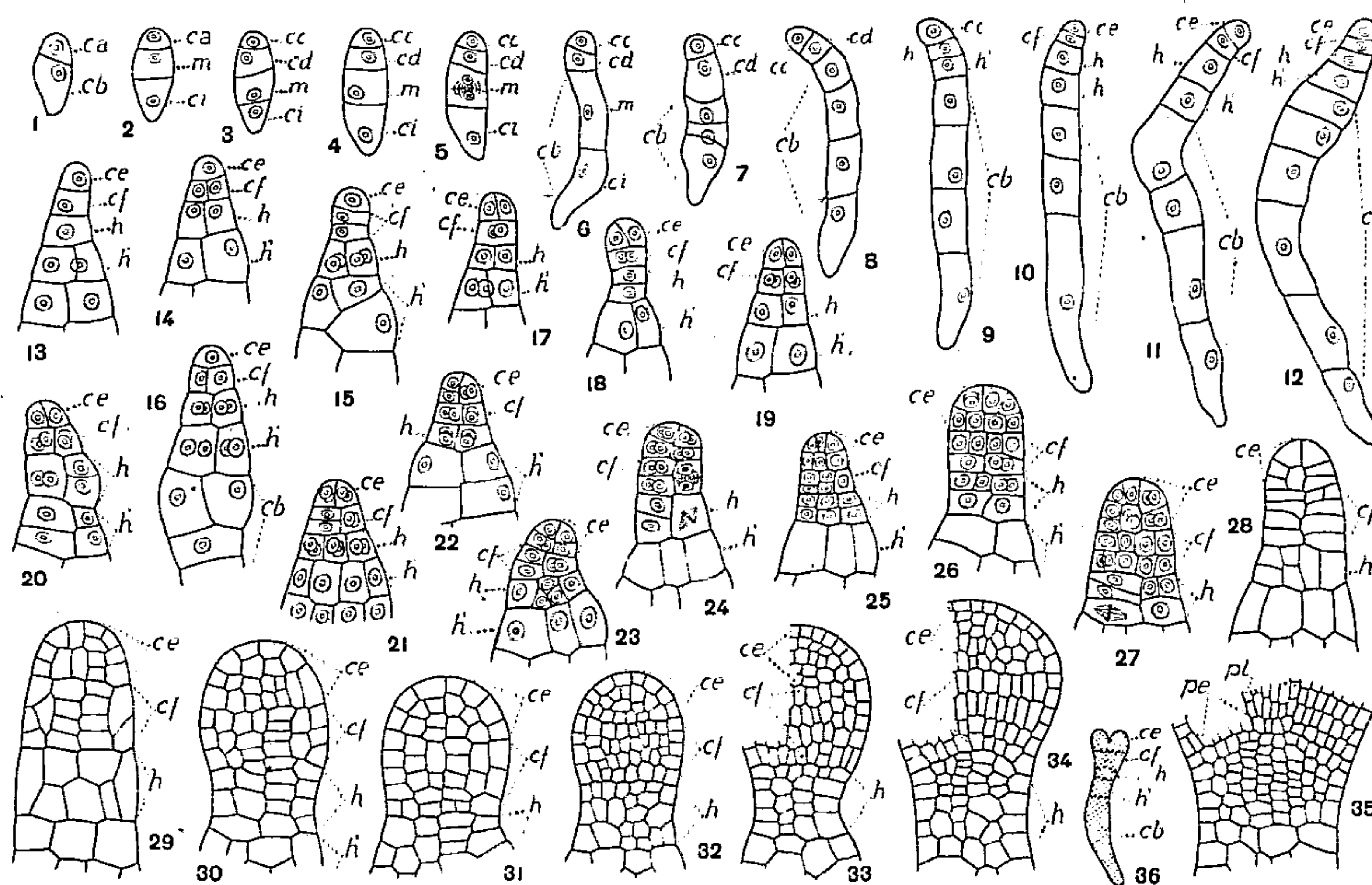


Fig. 1 à 36. — *Galega officinalis* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée *sensu lato*; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie hypocotylée; *h*, cellule-fille supérieure de *cd* ou hypophyse; *h'*, cellule-fille inférieure de *cd* ou partie supérieure du suspenseur; *pe*, périblème; *pl*, plérome. En 36, aspect général de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 35. G = 230; 170 pour les figures 32 à 35.

Le blastomère terminal *ce*, comme les trois précédents, donne deux, puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 17, 19, 21). La première cloison, parfois plus ou moins oblique (*fig.* 18), amène la segmentation transversale de la plus grande des deux cellules engendrées et une disposition tétraédrique des quatre éléments du sommet du proembryon (*fig.* 22). Ces quatre éléments, de toute manière, donnent deux étages (*fig.* 23, 24) de quatre nouveaux éléments qui concourent à la formation de la partie cotylée *sensu lato*; on ne peut dire si les quatre éléments du haut produisent seulement un groupe épiphysaire et les quatre éléments placés au-dessous la partie cotylée *sensu stricto*. Les figures 25 à 29 permettent d'assister aux premiers cloisonnements dans les huit blastomères tirant origine du blastomère premordial *ce*. La figure 35 montre l'état de différenciation des tissus fondamentaux à l'extrémité radiculaire au moment de la naissance des cotylédons; le périblème et plérome paraissent déjà assez distinctement séparés.

Si l'on compare le tableau récapitulatif des lois du développement que l'on

peut dresser, au sujet du *Galega officinalis*, à la suite de ces observations, avec ceux que l'on peut établir au sujet du *Drosera rotundifolia* et de l'*Actinidia chinensis*, on constate que, dans les trois cas : 1° la cellule basale ne contribue nullement à la construction de l'embryon proprement dit; 2° il se forme une tétrade *seconde* linéaire de la catégorie C_2; 3° les destinées des deux éléments supérieurs de cette tétrade, *ce* (ou *l*) et *cf* (ou *l'*), sont les mêmes. Des différences, dont on pourrait discuter l'importance, sont à noter : chez le *Drosera*, *h* produit les initiales de l'écorce de la racine et *h'* le primordium de la coiffe; chez l'*Actinidia*, comme chez le *Galega*, *h* engendre une hypophyse véritable, c'est-à-dire les initiales de l'écorce à l'extrémité radiculaire et la région centrale de la coiffe, et *h'* une portion du suspenseur.

Étant données les destinées semblables, dans les trois cas, de la cellule basale et de la cellule *cd*, fille-inférieure de la cellule apicale, étant donnés d'autre part la formation, par des processus identiques, d'une tétrade *seconde* linéaire de la catégorie C_2 et le cloisonnement vertical des deux éléments supérieurs de cette tétrade, les trois espèces prennent nécessairement place dans la deuxième grande division du système périodique et se rattachent, dans cette deuxième période, au mégarchétype IV du même groupe embryogénique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Expériences sur la latence à la germination observée chez des grains de blé semés en pleine terre immédiatement après la récolte et ensuite à intervalles de temps réguliers, pendant trois mois.* Note (*) de MM. **Henri Devaux** et **Jean Sechet.**

A la suite de son observation de 1926 sur le Blé (¹), l'un des auteurs de la présente Note entreprit des recherches de laboratoire pendant les années 1926 à 1928. Ces recherches aboutirent à confirmer nettement la variabilité singulière de la germination du Blé, mais en montrant que cette variabilité, très marquée au début, allait en s'atténuant à mesure que l'époque des semis s'éloignait de la moisson. Du reste, ces expériences furent troublées par des phénomènes secondaires, ce qui porta l'auteur à penser qu'il serait préférable de faire les semis en pleine terre avec des soins très particuliers. Ce n'est qu'en 1948 qu'il put réaliser son désir en s'adjoignant un collaborateur.

Les essais portèrent sur des grains récoltés à maturité au Jardin Botanique de Bordeaux, le 14 juillet 1948, variété Vilmorin 27. Ces grains ont été semés à Talence (Gironde) aussitôt la récolte et ensuite à intervalles réguliers d'une semaine environ. Chaque lot comprenait environ 100 grains semés en ligne, dans un petit sillon de 2 à 3^{cm} de profondeur et régulièrement espacés de 3^{cm}.

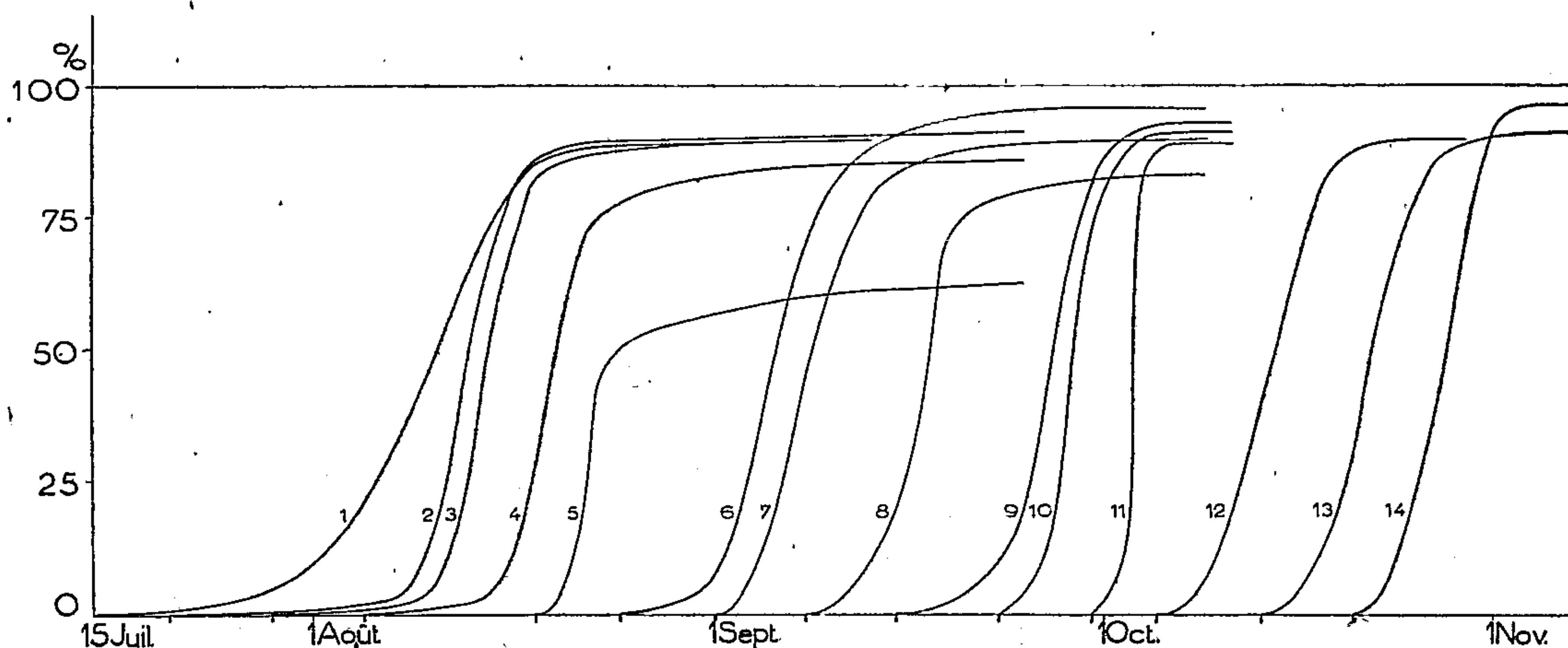
(*) Séance du 9 mai 1949.

(¹) H. Devaux, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 115.

L'emplacement de chaque grain était repéré par un témoin, un petit morceau de bois, enfoncé dans le sol. Au moment où, les grains ayant germé, les premières feuilles sortaient de terre, un bâton était enfoncé à l'opposé du grain par rapport au premier témoin, de sorte qu'on ne risquait pas de faire de confusions quant au nombre de grains germés dans l'intervalle de deux visites.

Les conditions d'humidité étaient maintenues aussi convenables que possible par des arrosages abondants et fréquents.

Un total de 14 semis différents a été effectué du 15 juillet au 20 octobre. Leurs résultats détaillés sont résumés dans les courbes ci-jointes qui donnent le pourcentage des germinations en fonction du temps.



Pourcentages des germinations du Blé relativement au temps, observés sur 14 semis faits du 15 juillet au 30 septembre 1948. L'essai n° 5 a été troublé, vers le 25 août, par une dépradation accidentelle (oiseaux ?).

La conclusion la plus importante de ces essais de semis de grains de Blé, à différents moments, est que *la durée de germination des grains d'un même lot est toujours très inégale, spécialement pour les semis faits très tôt après la récolte*. Cette conclusion, tirée d'expériences faites en pleine terre, confirme l'observation initiale de 1926, obtenue sur des grains gonflés et simplement maintenus à l'humidité.

Mais nos observations actuelles montrent de plus :

1° que *la durée de la germination diminue de plus en plus à mesure que l'on s'adresse à des grains plus âgés*, c'est-à-dire que la maturité germinative s'améliore à mesure qu'on s'éloigne de la date de la récolte. Cette durée totale a été de 41 jours pour les grains semés le 15 juillet, soit le lendemain de la récolte (1re courbe). Elle n'était plus que de 7 jours pour les grains semés le 30 septembre, soit 2 mois et demi après la récolte (11e courbe).

2° Mais la faculté germinative ne varie pas seulement avec l'âge des semences, elle varie aussi entre les grains d'un même semis, comme cela s'était manifesté

dans les observations de 1926 à 1928. En pleine terre, le phénomène s'est manifesté à son maximum dans le premier essai, celui du semis du 15 juillet. Au 3 août, soit après 18 jours de mise en terre, il n'y avait encore que 14 grains germés, tandis qu'au 18 août, quinze jours plus tard, il y en avait 88, puis 7 jours après 89 seulement et rien au delà. La forme en S de la courbe traduit ces variations. Celles-ci se répètent sur les autres courbes mais avec des durées moindres, ce qui démontre l'existence constante et générale de trois périodes distinctes dans la germination du Blé. Examinons ces trois périodes :

a. Au début, aussitôt la mise en terre, il y a une période préparatoire qu'on peut qualifier de période d'attente avec germinations tardives et rares, la plupart des grains restant en terre comme endormis, quoique gonflés d'eau dès le début. Cette période est traduite par la portion initiale de chaque courbe, laquelle est presque horizontale. L'influence abréviatrice de l'âge se fait du reste sentir sur la longueur de cette période de germination, cette longueur passant de 18 jours au début pour arriver à 3 jours après 2 mois et demi.

b. Vient ensuite la grande période germinative, caractérisée par des germinations nombreuses et traduite par la portion quasi verticale des courbes. Mais ici aussi il y a une influence de l'âge, cette période atteignant 23 jours environ pour l'essai n° 1 et se réduisant à 5 jours pour l'essai n° 11.

c. Toutefois, les germinations ne s'effectuent pas en totalité pendant la grande période, il y a des départs retardés prolongeant chaque courbe par une portion très oblique de plus en plus voisine de l'horizontale et due à une paresse remarquable à la germination de certains grains pourtant ensemencés en même temps que les autres. C'est le phénomène observé en août 1926 où, sur 11 grains d'un même épi, il y eut un échelonnement prolongé des germinations, la dernière ne s'étant effectuée qu'au bout de 40 jours.

Mais ici une différence apparaît. Tandis que dans l'expérience du 26 août 1926, la totalité des semences entrèrent finalement en germination, dans les expériences actuelles, une portion des grains refusèrent définitivement de germer. C'est ce que témoigne nettement l'allure finale des courbes, elles tendent à l'horizontalité au lieu de se diriger vers le maximum de 100 % : il y a eu certainement une mortification finale de quelques grains. Cette mortification est, du reste, très irrégulière, elle est due à un phénomène extérieur, à un accident malheureusement fréquent qui mérite une étude spéciale car il vient entacher, dans tous les laboratoires, les essais de détermination du pouvoir germinatif.

Notons aussi en terminant que, si les courbes des essais 12, 13, 14 montrent une augmentation sensible de la durée totale de trois périodes, il convient d'attribuer cela à une cause externe, la baisse normale de la température en cette période d'octobre. Mais il est à remarquer que ce ralentissement automnal n'est jamais comparable aux retards observés dans les premiers essais et dont la cause est cetainement interne, celle de l'absence ou de l'insuffisance d'une excitation propre de la croissance.

Conclusion. — Les essais de semis faits en pleine terre sur des grains ensemencés d'abord très tôt, puis de plus en plus tard, confirment donc l'existence positive d'une période de latence de la germination. Cette période, spécialement marquée pour les grains semés tôt après la récolte, subsiste encore après deux mois, mais en se raccourcissant. La cause de cette latence ou paresse à la germination, est certainement interne, comme le témoigne la régularité d'allure de toutes les courbes, mais sa nature reste à déterminer, en considérant spécialement ce qui se passe pour l'albumen, puisque les premières observations ont démontré que la résistance à la destruction de cet albumen coïncide avec le retard de la germination. Cette détermination ne pourra être effectuée qu'au moment de la prochaine récolte.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Espace où opère un groupe de Lie compact et connexe* [1]. Note de M. **Jean Leray**.

Les espaces vectoriels, algèbres, produits tensoriels, homologies sont relatifs à un même corps commutatif $\mathcal{C}$ de caractéristique nulle; les notations sont celles de [1] et de l'Algèbre multilinéaire de Bourbaki.

1. Soit G un groupe de Lie compact et connexe, dont la multiplication est notée $\varphi(g_1, g_2)$. Soit $\mathcal{H}_G$ l'algèbre de cohomologie de G; soit $\overset{-1}{\varphi}$ l'homomorphisme de $\mathcal{H}_G$ dans $\mathcal{H}_G \otimes \mathcal{H}_G$ réciproque de φ; les $h_G \in \mathcal{H}_G$ tels que

$$\overset{-1}{\varphi}(h_G) = 1 \otimes h_G + h_G \otimes 1 \qquad (1)$$

sont dits hypermaximaux ou primitifs; ils constituent un espace vectoriel $\mathfrak{P}$ dont le rang est nommé rang de G; d'après un théorème [2] de H. Hopf complété par H. Samelson, $\mathcal{H}_G$ est l'algèbre extérieure $\bigwedge \mathfrak{P}$ de $\mathfrak{P}$. Soit $\mathfrak{P}^*$ l'espace vectoriel dual de $\mathfrak{P}^*$; $\mathcal{H}_G^* = \bigwedge \mathfrak{P}^*$, algèbre extérieure duale de $\mathcal{H}_G$, est l'algèbre d'homologie de G; sa multiplication est celle de Pontrjagin. La fonction bilinéaire définissant cette dualité sera notée $\langle h_G^*, h_G \rangle$. Soit X un espace localement compact sur lequel opère G; soit $\psi(g, x)$ le transformé de $x \in X$ par $g \in G$; soit $\mathcal{H}_X$ l'anneau de cohomologie de X; soit $\overset{-1}{\psi}$ l'homomorphisme de $\mathcal{H}_X$ dans $\mathcal{H}_G \otimes \mathcal{H}_X$ réciproque de ψ; étant donné $h_G^* \in \mathcal{H}_G^*$, soit λ l'application linéaire de $\mathcal{H}_G \otimes \mathcal{H}_X$ dans $\mathcal{H}_X$ telle que

$$\lambda(h_G \otimes h_X) = \langle h_G^*, h_G \rangle h_X;$$

[1] Les invariants topologiques que nous allons définir sont de tout autre nature que ceux qu'on peut attacher à un espace où opère un groupe discontinu sans point fixe; ces derniers ont été décrits par H. Cartan et J. Leray, *Colloque de topologie algébrique* (sous presse) et par H. Cartan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 148 et 303.

[2] H. Hopf, *Ann. of math.*, 42, 1941, p. 22 à 52; H. Samelson, *ibid*, p. 1091 à 1137.

soit

$$h^*_{G,X}(h_X) = \lambda \overset{-1}{\psi}(h_X);$$

en exprimant à l'aide de (1) et de bases duales de $\mathfrak{L}$ et $\mathfrak{L}^*$ l'égalité des homomorphismes de $\mathcal{H}_X$ dans $\mathcal{H}_G \otimes \mathcal{H}_G \otimes \mathcal{H}_X$ réciproques des applications égales $\psi(\varphi(h_1, h_2), x)$ et $\psi(h_1, \psi(h_2, x))$ on constate ceci : la correspondance associant à h^*_G l'application linéaire $h^*_{G,X}$ de $\mathcal{H}_X$ en lui-même est un homomorphisme d'algèbres; si $h^*_G \in \mathfrak{L}^*$, alors $h^*_{G,X}$ est une différentielle ∂_X; ∂ désignera l'ensemble des ∂_X correspondant à un même $h^*_G \in \mathfrak{L}^*$ et à tous les choix de X : *A un groupe de Lie compact et connexe* G *est associé un espace vectoriel gradué* Δ *de même rang que* G; *les éléments de* Δ *sont des différentielles* (3) ∂ *des anneaux de cohomologie* $\mathcal{H}_X$ *des espaces* X *localement compacts sur lesquels* G *opère; un élément homogène de* Δ *a un degré* $-q < 0$ *et abaisse de q le degré des éléments de* $\mathcal{H}_X$. *Les éléments de* Δ *sont anticommutatifs; leurs composés constituent l'algèbre extérieure* $\bigwedge\Delta$, *qui est canoniquement isomorphe à l'algèbre d'homologie de* G. *L'image canonique dans* $\bigwedge\Delta$ *de la classe d'homologie* h^*_G *de* G *transforme la classe de cohomologie* h_G *de* $X = G$ *en* $h^*_G \lrcorner h_G$ *(produit intérieur gauche). Si* G *opère sur les deux espaces* X *et* Y *et si chaque élément de* G *commute avec l'application continue* ξ *de* X *dans* Y, *alors l'homomorphisme* $\overset{-1}{\xi}$ *de* $\mathcal{H}_Y$ *dans* $\mathcal{H}_X$ *réciproque de* ξ *commute avec chaque* $\partial \in \Delta$.

2. De même que Pontrjagin a défini géométriquement la multiplication des classes d'homologie de G, *on peut définir géométriquement le transformé de* $h_X \in \mathcal{H}_X$ *par l'image de* $h^*_G \in \mathcal{H}^*_G$ *dans* $\bigwedge\Delta$: soit c^* un cycle de la classe h^*_G, supposée de dimension p; soit c un cocycle de la classe h_X, de degré q: c^* est une variété de G, close, orientée, de dimension p; supposons que X soit une variété, orientable ou non, de dimension N; on peut choisir (4) pour c une variété de X, close et coorientée, de dimension $N - q$; par coorientation de c nous entendons une orientation continue des éléments de contact à q dimensions de X complètement orthogonaux à c; si c^* et c sont *en position générale*, $\psi(c^*, c)$ est une variété close, de dimension $p + N - q$, dont une coorientation est définie par celle de c et l'orientation de c^* : c'est un cocycle de degré $q - p$; sa classe est le transformé de h_X par l'image de h^*_G dans $\bigwedge\Delta$.

3. Soit Y un espace connexe sur lequel opère G; soit $y \in Y$ fixe; soit ξ l'application $\psi(g, y)$ de G dans Y; l'homomorphisme $\overset{-1}{\xi}$ de $\mathcal{H}_Y$ dans $\mathcal{H}_G$ est indépendant du choix de y. Si Y est *l'espace homogène* G/F quotient de G par un sous-groupe fermé F, ξ est *l'application canonique de* G *sur* Y. Les éléments

---

(3) C'est-à-dire : ∂ est linéaire, $\partial^2 = 0$, $\partial(hh') = \partial h . h' + (-1)^p h . \partial h'$ si h et h' appartiennent à un même $\mathcal{H}_X$, h étant homogène de degré p.

(4) J. Leray, *Comm. math. helv.*, 20, 1947, p. 177-180; *Journ. Math.*, 24, 1945, p. 187-189.

de G commutent avec ξ; donc $\partial \overset{-1}{\xi} \mathcal{H}_Y = \overset{-1}{\xi} \partial \mathcal{H}_Y \subset \overset{-1}{\xi} \mathcal{H}_Y$; or, si un sous-anneau $\mathfrak{A}$ de $\mathcal{H}_G = \wedge \mathfrak{P}$ est tel que $\partial \mathfrak{A} \subset \mathfrak{A}$ pour tout $\partial \in \Delta$, alors $\mathfrak{A} = \wedge(\mathfrak{P} \cap \mathfrak{A})$; d'où le théorème de *Samelson* (*loc. cit.*) : *$\overset{-1}{\xi} \mathcal{H}_Y$ est l'algèbre extérieure d'un sous-espace de $\mathfrak{P}$*. Soit $\mathcal{H}'_Y$ un sous-espace de $\mathcal{H}_Y$ que $\overset{-1}{\xi}$ applique isomorphiquement sur $\mathfrak{P} \cap \overset{-1}{\xi} \mathcal{H}_Y$; soit Δ' l'image dans Δ d'un sous-espace de $\mathfrak{P}^*$ dual de $\mathfrak{P} \cap \overset{-1}{\xi} \mathcal{H}_Y$: Δ' et $\mathcal{H}'_Y$ sont duals; soit $\mathcal{H}''_Y$ l'ensemble des $h_Y \in \mathcal{H}_Y$ tels que $\partial' h_Y = 0$ pour tout $\partial' \in \Delta'$; les ∂' permettent d'exprimer tout élément de $\mathcal{H}_Y$ par des éléments de $\mathcal{H}''_Y$ et des éléments d'une base de $\mathcal{H}'_Y$; d'où

THÉORÈME. — $\mathcal{H}_Y = \mathcal{H}''_Y \otimes \wedge \mathcal{H}'_Y$; *$\overset{-1}{\xi}$ est un isomorphisme de l'algèbre extérieure $\wedge \mathcal{H}'_Y$ sur $\overset{-1}{\xi} \mathcal{H}_Y$; $\overset{-1}{\xi}$ annule les éléments de $\mathcal{H}''_Y$ de degrés > 0.*

COROLLAIRE ([5]). — *Si l'espace homogène* $Y = G/F$ *est le quotient du groupe de Lie compact et connexe* G *par un sous-groupe fermé* F *de même rang que* G, *alors $\overset{-1}{\xi} h_Y = 0$ quand $h_Y \in \mathcal{H}_Y$ est de degré > 0.*

Sinon Y aurait, vu le théorème, une caractéristique d'Euler nulle, contrairement à un théorème de H. Hopf et H. Samelson ([6]).

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Observations du champ électrique de l'atmosphère pendant l'éclipse de Soleil du 28 avril 1949.* Note (*) de M. **JULES ROUCH.**

Pendant l'éclipse partielle de Soleil du 28 avril 1949, qui fut visible à Monaco entre $7^h 10^m$ et $8^h 50^m$ environ (heures civiles), j'ai exécuté une série de mesures du champ électrique de l'atmosphère à l'aide d'un électromètre bifilaire de Wulf, avec collecteur au radium supporté par une canne d'ébonite. Ce dispositif me sert depuis plusieurs mois à effectuer des mesures quotidiennes du champ électrique sur une terrasse d'une maison située sur le rocher de Monaco à 70^m d'altitude.

J'ai effectué le 28 avril des mesures toutes les 5 minutes environ de $5^h 30^m$ à $9^h 30^m$. La nébulosité était de 4, le ciel était légèrement couvert de cirrus et de cirro-stratus qui n'empêchaient à aucun moment de voir très nettement le Soleil. La vitesse du vent était à peu près nulle.

Le résultat de ces observations est porté sur la figure. Au début de la matinée le champ a des valeurs normales pour la saison de 100 à 200 V par mètre; il s'élève progressivement trois quarts d'heure avant l'éclipse pour

---

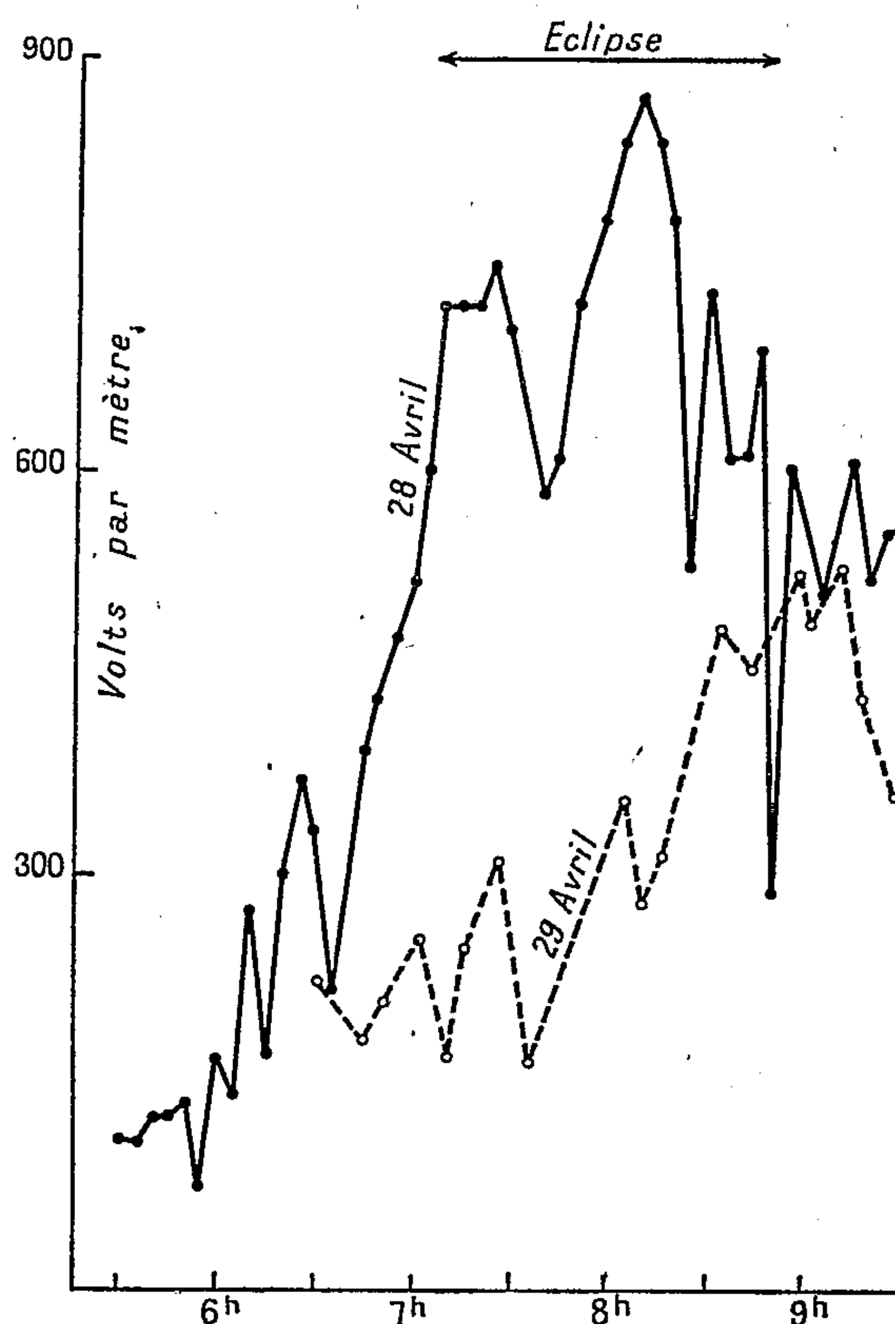
([5]) J'ai appliqué ce corollaire au sous-groupe abélien maximum : *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 412.

([6]) *Comm. math. helv.*, **13**, 1940, p. 240-251.

(*) Séance du 9 mai 1949.

atteindre 720 V au début de l'éclipse. Il reste très fort, presque toujours supérieur à 600 V pendant toute la durée de l'éclipse, avec maximum dépassant 850 V vers le milieu de l'éclipse. Après l'éclipse le champ oscille au voisinage de 550 V.

A titre de comparaison, j'ai observé aux mêmes heures le lendemain 29 avril, dans des conditions sensiblement analogues : nébulosité 3 à 4, cirrus et cirro-stratus, calme. La ligne pointillée de la figure donne ces observations du 29 avril, qui montrent que le champ augmente régulièrement de 200 à 500 V, sans jamais atteindre à aucun moment la valeur de 600 V, valeur très largement dépassée la veille pendant l'éclipse.



On pourrait donc déduire de nos observations que le champ électrique de l'atmosphère est très fort pendant la durée de l'éclipse, beaucoup plus fort qu'il n'est normal. La moyenne de nos observations du mois d'avril est de 300 V environ et nous n'avons jamais observé pendant tout le mois de champ supérieur à 600 V.

J'avais observé aussi un champ électrique très fort pendant l'éclipse de Soleil du 8 avril 1921 [1]. Toutefois les variations accidentelles du champ

[1] *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 925.

électrique de l'atmosphère sont si fréquentes et parfois si importantes, qu'il est très possible que je n'aie observé en 1949 comme en 1921 qu'une coïncidence fortuite.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage de la Communication n° 76-33 présentée à la Conférence africaine des sols les 8-16 novembre 1948, intitulée : *Biogéographie et Écologie de la forêt dense ombrophile de la Côte d'Ivoire,* dont il est l'auteur.

M. **Harlow Shapley** adresse une Note : *Cepheid variable stars in the small Magellanic Cloud,* en collaboration avec Virginia Mckibben Nail.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie entomologique. XXIV. *Contribution à l'étude des Zoocécidies du Maroc,* par Jean-Marie Mimeur (présenté par M. Chevalier).

2° Encyclopédie mycologique. XIV. *Les Agaricales. Classification, Révision des espèces, Iconographie, Comestibilité. Agaricaceæ,* par Paul Konrad et André Maublanc (présenté par M. Roger Heim).

3° Maurice Vernet. *Hérédité. Clartés sur une énigme.* Préface par Daniel-Rops.

4° *Notice nécrologique. Alfred Lacroix,* par Marcel-E. Denaeyer. Extrait du Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

5° Centre international de synthèse. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications.* Organe de la Section d'histoire des Sciences. Tome I, n° 1.

ALGÈBRE TOPOLOGIQUE. — *Sur les algèbres denses de fonctions différentiables sur une variété.* Note (*) de M. **Leopoldo Nachbin**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans cette Note nous allons établir l'analogue pour les variétés différentiables du théorème de M. Stone (1) qui généralise le théorème d'approximation de Weierstrass. Soit $\mathfrak{M}$ une variété différentiable d'ordre $r \geqq 1$ et de dimension $n \geqq 1$. Soit $\mathfrak{A}$ l'algèbre des fonctions réelles continûment différentiables

(*) Séance du 9 mai 1949.

(1) *Voir* M. H. Stone, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 41, 1937. D'autres démonstrations se trouvent dans : I. Gelfand et G. Silov, *Recueil Math.*, 9, 1941; J. Dieudonné, *Bull. Sci. Math.*, 68, 1944; N. Dunford et I. E. Segal, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 52, 1946.

d'ordre r sur $\mathfrak{M}$ munie de la topologie de la convergence uniforme d'ordre r sur les parties compactes de $\mathfrak{M}$.

THÉORÈME. — *Pour que l'algèbre engendrée par une partie $\mathfrak{F}$ soit dense dans $\mathfrak{A}$ il faut et il suffit que : 1° pour chaque $\xi \in \mathfrak{M}$ il existe $f \in \mathfrak{F}$ telle que $f(\xi) \neq 0$, 2° pour chaque couple $\xi, \eta \in \mathfrak{M}$, $\xi \neq \eta$, il existe $f \in \mathfrak{F}$ telle que $f(\xi) \neq f(\eta)$, 3° pour chaque $\xi \in \mathfrak{M}$ et tout vecteur $\theta \neq 0$ tangent en ξ il existe $f \in \mathfrak{F}$ telle que $\partial f / \partial \theta \neq 0$.*

La nécessité est évidente. Pour établir la suffisance, soit K une partie compacte de $\mathfrak{M}$. Soit W une partie connexe ouverte de $\mathfrak{M}$ contenant K et telle que $\overline{W}$ soit compacte. Pour chaque point de $\mathfrak{M}$ il existe une fonction de $\mathfrak{F}$ non nulle dans un voisinage de ce point : il existe donc un nombre fini de fonctions $f_1, \ldots, f_a \in \mathfrak{F}$ telles que $\{f_1(x), \ldots, f_a(x)\} \neq \{0, \ldots, 0\}$ pour $x \in \overline{W}$. Soit $\xi \in \mathfrak{M}$. Considérons un vecteur $\theta_1 \neq 0$ tangent en ξ : il existe alors $f_1 \in \mathfrak{F}$ telle que $(\partial f_1 / \partial \theta_1) \neq 0$. Si $n \geq 2$, il existe un vecteur $\theta_2 \neq 0$ tangent en ξ tel que $(\partial f_1 / \partial \theta_2) = 0$: soit $f_2 \in \mathfrak{F}$ telle que $(\partial f_2 / \partial \theta_2) \neq 0$. Si $n \geq 3$ il existe un vecteur $\theta_3 \neq 0$ tangent en ξ tel que $(\partial f_1 / \partial \theta_3) = (\partial f_2 / \partial \theta_3) = 0$, etc. On obtient ainsi des vecteurs $\theta_1, \ldots, \theta_n$ tangents en ξ et des fonctions $f_1, \ldots, f_n \in \mathfrak{F}$ telles que $(\partial f_i / \partial \theta_i) \neq 0$ $(1 \leq i \leq n)$ et $(\partial f_i / \partial \theta_j) = 0$ $(1 \leq i < j \leq n)$. Considérons l'application linéaire, à valeurs dans l'espace numérique R^n, définie dans l'espace vectoriel tangent en ξ par $\theta \to \{\partial f_1 / \partial \theta, \ldots, \partial f_n / \partial \theta\}$. Il est clair que chaque vecteur de R^n est l'image d'un vecteur $\theta = c_1 \theta_1 + \ldots + c_n \theta_n$ et par suite cette application est un isomorphisme sur R^n.

Alors le théorème des fonctions implicites montre que l'application $x \to \{f_1(x), \ldots, f_n(x)\}$ est un homéomorphisme d'ordre n d'un voisinage ouvert de ξ dans $\mathfrak{M}$ sur une partie ouverte de R^n. La compacité de $\overline{W}$ entraîne l'existence de fonctions $g_1^i, \ldots, g_n^i \in \mathfrak{F}$ et d'ensembles ouverts $V_i \subset \mathfrak{M}$ $(1 \leq i \leq b)$ recouvrant $\overline{W}$ tels que chaque application $x \to \{g_1^i(x), \ldots, g_n^i(x)\}$ soit un homéomorphisme d'ordre r de V_i sur une partie ouverte de R^n. Posons $f_{a+(i-1)n+j} = g_j^i$. Si $\xi, \eta \in \mathfrak{M}$, $\xi \neq \eta$, il existe $f \in \mathfrak{F}$ telle que $f(x) \neq f(y)$ pour (x, y) dans un voisinage de (ξ, η). Par suite, l'espace

$$\Omega = \overline{W} \times \overline{W} - V_1 \times V_1 \cup \ldots \cup V_b \times V_b$$

étant compact et disjoint de la diagonale de $\overline{W} \times \overline{W}$, il existe des fonctions $h_1, \ldots, h_c \in \mathfrak{F}$ telles que, pour $(x, y) \in \Omega$ on ait

$$\{h_1(x), \ldots, h_c(x)\} \neq \{h_1(y), \ldots, h_c(y)\}.$$

Posons $f_{a+bn+i} = h_i$. Considérons alors l'application $\Phi : \mathfrak{M} \to R^N$, où

$$N = a + bn + c,$$

définie par $x \to \{f_1(x), \ldots, f_N(x)\}$. Il est clair que Φ est un homéomorphisme d'ordre r de W sur la sous-variété d'ordre $r \neq \Phi(W)$ de R^N. Considérons

$\Phi^{-1}:\Phi(W)\to W$. Soit donnée $f\in\mathfrak{A}$. Alors $f\Phi^{-1}$ est une fonction continûment différentiable d'ordre r sur $\Phi(W)$. En vertu d'un théorème de M. Whitney [2], il existe une fonction φ continûment différentiable d'ordre r sur R^N telle que $\varphi(z)=f[\Phi^{-1}(z)]$ sur $\Phi(K)$, donc $f(x)=\varphi[f_1(x), \ldots, f_N(x)]$ sur K. Remarquons que $\Phi(\overline{W})$ ne contient pas l'origine de R_N et par suite nous pouvons supposer que φ est nulle dans l'origine. Une application du théorème classique de Weierstrass achève la démonstration.

On peut énoncer le théorème démontré autrement : *toute sous-algèbre fermée propre de $\mathfrak{A}$ est contenue dans une sous-algèbre fermée maximale*. Il suffit de remarquer que les sous-algèbres fermées maximales sont de la forme suivante : ou bien l'ensemble des fonctions s'annulant en un point, ou bien l'ensemble des fonctions prenant la même valeur en deux points distincts, ou bien l'ensemble des fonctions ayant une dérivée nulle suivant une direction tangente.

A partir du théorème démontré, on obtient très facilement le fait que les fonctions continûment différentiables d'ordre π sont denses dans l'ensemble de celles d'ordre $q<r$ pour la topologie d'ordre q, et aussi l'analogue du théorème d'approximation de M. Dieudonné [3] pour les fonctions définies sur un produit de variétés.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les extensions de groupes topologiques.* Note (*) de MM. **L. Calabi** et **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Définition 1. — B et F étant deux groupes topologiques séparés, une *extension topologique de* F *par* B est définie par la donnée d'un groupe topologique E qui admet F comme sous-groupe distingué et d'un isomorphisme de E/F sur B.

Une telle extension topologique, qui est toujours un espace séparé, sera notée E(B, F). Elle sera dite *fibrée* si les classes à gauche suivant F définissent dans E une structure d'espace fibré; le groupe structural de celui-ci est alors le groupe des translations à gauche de F.

1. Sur tout revêtement connexe E d'un groupe topologique B connexe par arcs, il existe [1] une structure d'extension E(B, F), telle que les classes suivant F soient les fibres; cette structure, appelée aussi structure de groupe revêtement, est déterminée à un isomorphisme près.

---

(2) *Voir* H. Whitney, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 36, 1934. Remarquons, toutefois, que nous utilisons seulement un cas particulier du théorème d'extension de Whitney.

(3) *Voir* J. Dieudonné, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 593.

(*) Séance du 9 mai 1949.

(1) Ch. Ehresmann, *Bull. Soc. Math. France*, 72, 1944, p. 40.

Si B est un groupe simplement connexe et F un groupe discret, toute extension E(B, F) est isomorphe à l'extension *triviale* $B \times F$. Il en résulte :

Proposition 1. — *Soient* B *un groupe connexe et localement simplement connexe,* π *son groupe de Poincaré et* F *un groupe discret : toute représentation* f *de* π *dans le centre de* F *détermine une et une seule extension* E(B, F), *et toute extension* E(B, F) *correspond à une et une seule représentation* f. *L'image* $f(\pi)$ *est la trace de* F *sur la composante connexe de l'élément neutre dans* E.

Remarquons que $E/f(\pi)$ est isomorphe au groupe produit $B \times F/f(\pi)$.

2. La théorie de la dualité des groupes abéliens localement compacts (²) et la connaissance de leur structure (³) permettent de formuler les résultats suivants :

Proposition 2. — *Toute extension topologique abélienne d'un groupe abélien compact par un groupe de la forme* $R^n \times D$ (⁴), *où* D *est un groupe abélien discret dont tous les éléments différents de zéro sont d'ordre infini, est isomorphe à l'extension triviale.*

Proposition 3. — *Toute extension topologique abélienne de* R^n *par un groupe abélien localement compact est isomorphe à l'extension triviale.*

Proposition 4. — *Soit* $B = R^m \times K \times D$, $F = R^n \times K'$, *où* D *est un groupe abélien discret,* K *et* K' *deux groupes abéliens compacts connexes; si* $K = S^I$ *ou si* $K' = T^I$ (⁵), *toute extension abélienne* E (B, F) *est isomorphe à l'extension triviale.*

Remarques. — 1° Pour la validité de ces propositions il est essentiel de demander que l'extension soit abélienne. 2° Toute extension d'un groupe localement compact par un groupe localement compact l'est aussi (⁶).

3. Les résultats de M. Élie Cartan (⁷) concernant la structure des groupes de Lie compacts entraînent la

Proposition 5. — *Soient* K *et* K' *deux groupes de Lie compacts connexes dont* K *simplement connexe; alors toute extension fibrée* $E(T^r \times K, T^s \times K')$ *est isomorphe à l'extension triviale.*

Notons que si K n'est pas simplement connexe, on peut avoir des extensions non triviales : en effet on sait que le groupe des rotations de S_4 est une extension non triviale du groupe S_3 par le groupe P_3 (groupe des rotations de R^3).

La proposition 5 montre en particulier que toute extension fibrée $E(T^r, T^s)$

(²) A. Weil, *L'intégration dans les groupes topologiques*, p. 99.

(³) J. Braconnier, *Journ. Math. pures et appl.*, 27, 1948.

(⁴) R^n : groupe topologique produit de n groupes isomorphes au groupe additif des réels.

(⁵) T^I (resp. Q^I) : groupe topologique produit d'une famille de groupes isomorphes au groupe des réels mod 1 (resp. au groupe additif des rationnels). S^I : dual de Q^I, ce dernier pris avec la topologie discrète.

(⁶) N. Vilenkin, *Doklady U.R.S.S.*, 1948, p. 135; *Math. Rev.*, 1948, p. 497.

(⁷) *Mémorial de mathématiques*, 42, 1930, p. 42.

est triviale ; il y a d'autre part des espaces fibrés par T^s sur T^r dont le groupe structural est le groupe des translations à gauche de T^s et qui ne sont pas isomorphes au produit $T^r \times T^s$. Il y a donc des espaces fibrés par un groupe topologique F sur un groupe topologique B, sur lesquels il n'existe aucune structure d'extension E(B, F) telle que les classes suivant F soient les fibres, même si le groupe structural est le groupe des translations à gauche de F.

4. *Définition* 2. — Si $G_0, G_1, \ldots, G_n$ sont $n+1$ groupes topologiques séparés, une *n-extension topologique* $E_n(G_0, G_1, \ldots, G_n)$ est une extension topologique par G_0 d'une $(n-1)$ — extension topologique $E_{n-1}(G_1, G_2, \ldots, G_n)$. Si, pour tout i, G_i est isomorphe à un même groupe G, nous parlerons d'une *n-extension topologique* $E_n(G)$ *de* G.

Notons que toute extension $E(E_r(G_0, \ldots, G_r), E_s(G'_0, \ldots, G'_s))$ admet une structure de symbole $E_{r+s+1}(G_0, \ldots, G_r, G'_0, \ldots, G'_s)$.

Puisque toute extension d'un groupe soluble par un groupe soluble est elle-même soluble, on a le résultat suivant :

Proposition 6. — *Si* G *est un groupe topologique, les propositions suivantes son équivalentes :*

(*a*) G *admet une structure de* $(n-1)$*-extension fibrée de* R.

(*b*) G *est un groupe de Lie soluble simplement connexe.*

(*c*) G *est un groupe de Lie homéomorphe à* R^n *n'admettant pas de sous-groupes localement isomorphes au groupe linéaire spécial réel à deux variables.*

La démonstration utilise (8), (9) et un théorème d'Engel (10).

Si G est un groupe de Lie homéomorphe à R^n, le quotient de G par son sous-groupe soluble maximal est donc un produit de groupes isomorphes au groupe simple homéomorphe à R^3.

Un groupe de Lie soluble connexe est évidemment une n-extension fibrée $E_n(G_0, \ldots, G_n)$ où chaque G_i est isomorphe à R ou à T.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Systèmes de polynomes biorthogonaux à coefficients réels.* Note (*) de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soient

$$(1)\quad a(z) = e_0 z^N + \ldots, \qquad b(z) = e_0 z^{N-n} + \ldots, \qquad d(z) = \prod_{\nu=1}^{2n} (z - c_\nu) \qquad (c_1 < \ldots < c_{2n}),$$

(8) C. Chevalley, *Lectures in Topology*, 1941; *Ann. of Math.*, 42, 1941.

(9) A. Malcev, *Rec. Math. Moscou*, 16, 1945, p. 181 et 19, 1946, p. 524.

(10) S. Lie-F. Engel, *Theorie der Transformationsgruppen*, 1893, vol. 3, p. 757.

(*) Séance du 9 mai 1949.

des polynomes à coefficients réels qui satisfassent à l'équation

$$a^2(z) - b^2(z)\,d(z) = 1. \tag{2}$$

En désignant par D le domaine obtenu en découpant le plan des z (fermé à l'infini) le long des n segments

$$c_1 \leqq z \leqq c_2, \quad \ldots, \quad c_{2n-1} \leqq z \leqq c_{2n}, \tag{3}$$

admettons que $\sqrt{d(z)} = z^n + \ldots$ (pour $|z| \to \infty$, $z \in \mathrm{D}$); alors la branche de

$$\theta(z) = \frac{1}{i}\log\left(a(z) - b(z)\sqrt{d(z)}\right), \tag{4}$$

qui est égale à zéro pour $z = c_{2n}$, croît de zéro à $\mathrm{N}\pi$, lorsque z parcourt les bords inférieurs des n coupures (3) depuis c_{2n} jusqu'à c_1. Soit

$$f(z) = \gamma_0 \prod_{\nu=1}^{n} (z - \gamma_\nu),$$

un polynome de degré n; on vérifie aisément que

$$\left\{\begin{array}{l} \gamma_0 \geqq 0, \quad f(c_{2n}) \geqq 0, \quad f(c_{2n-1}) \leqq 0, \quad f(c_{2n-2}) \leqq 0, \\ \quad f(c_{2n-3}) \geqq 0, \quad \ldots, \quad (-1)^n f(c_1) \geqq 0 \end{array}\right. \tag{5}$$

sont les conditions nécessaires et suffisantes pour que l'on ait

$$\mathrm{R}\frac{f(z)}{\sqrt{d(z)}} \geqq 0 \qquad (\text{pour } z \in \mathrm{D}), \tag{6}$$

et qu'aucun polynome de degré $\gtrless n$, sauf $f = 0$, n'a cette propriété. Nous admettrons dorénavant les inégalités (5) [qui sont équivalentes à $\gamma_0 \geqq 0$; $c_{2\nu-1} \leqq \gamma_\nu \leqq c_{2\nu}$ ($\nu = 1, \ldots, n$)] si bien que (6) sera rempli. Posons maintenant

$$a(z) = \sum_{\nu=0}^{\mathrm{N}} e_\nu z^\nu, \qquad a(z) + b(z) f(z) = \sum_{\nu=0}^{\mathrm{N}} \varepsilon_\nu z^\nu, \tag{7}$$

et désignons par

$$g_{\mathrm{N}}(x, z) = \sum_{\nu=0}^{\infty} x^\nu \mathrm{P}_{\nu,\mathrm{N}}(z) \qquad (\mathrm{P}_{0,\mathrm{N}} = 1) \tag{8}$$

la solution de l'équation différentielle

$$[x^2 - 2xa(z) + 1]\frac{du}{dx} + [x - a(z) - b(z)f(z)]u = 0. \tag{9}$$

Alors, les deux suites de polynomes

$$z^\lambda \mathrm{P}_{\nu,\mathrm{N}}(z) \qquad (\lambda = 0, \ldots, \mathrm{N}-1;\ \nu = 0, 1, \ldots), \tag{10}$$

$$\mathrm{P}_{\mu,\mathrm{N}}(z) \sum_{i=0}^{\mathrm{N}-k-1} (2\mu\, e_{i+k+1} + \varepsilon_{i+k+1}) z^i \qquad (k = 0, \ldots, \mathrm{N}-1;\ \mu = 0, 1, \ldots) \tag{11}$$

sont biorthogonales, de poids [*voir* (4)],

$$(12)\quad \left\{\begin{array}{l}\rho(z)=(-1)^{\nu}\exp\left[-i(\theta-\nu\pi)\dfrac{f(z)}{\sqrt{d(z)}}\right]\left[1+\exp\left(-i\pi\dfrac{f(z)}{\sqrt{d(z)}}\right)\right]^{-1}\\ \qquad (\nu\pi<\theta<(\nu+1)\pi;\ \nu=0,\ \ldots,\ N-1),\end{array}\right.$$

dans la variété constituée par les bords inférieurs des n coupures (3), de telle sorte que

$$(13)\quad \left\{\begin{array}{l}\displaystyle\sum_{j=1}^{n}\int_{C_{2j-1}}^{C_{2j}} P_{\mu,N}(z)P_{\nu,N}(z)\sum_{i=0}^{N-k-1}(2\mu\, e_{i+k+1}+\varepsilon_{i+k+1})z^{i}z^{\lambda}\rho(z)\,dz=\delta_{k\lambda}\,\delta_{\mu\nu}\\ \qquad (k,\ \lambda,=0,\ \ldots,\ N-1;\ \mu,\ \nu=0,\ \ldots).\end{array}\right.$$

Pour démontrer (13), nous utilisons l'équation différentielle

$$(14)\quad \begin{array}{l}(x^2-2xa(z)+1)\dfrac{du}{dx}+[x-a(z)-b(z)f(z)]\,u\\ \displaystyle\qquad=-\sum_{k=0}^{N-1}\sum_{i=0}^{N-k-1}\left(\frac{2xy_k}{(1-xy_k)^2}e_{i+k+1}+\frac{y_k}{1-xy_k}\varepsilon_{i+k+1}\right)z^{i},\end{array}$$

où les y_k sont des paramètres de module <1. Dans l'hypothèse (6), l'équation (14) a une (seule) solution $u(x, z)$ qui est holomorphe pour $|x|<1$, $z\in D$; u s'annule pour $z=\infty$, de sorte que dans le voisinage de ce point, on a

$$u(x,\ z)=\sum_{0}^{\infty}\frac{u_\nu(x)}{z^{\nu+1}},$$

les $u_\nu(x)$ étant holomorphes pour $|x|<1$. Le deuxième membre de (14) a été déterminé de manière que

$$(15)\quad u_\lambda(x)=\frac{y_\lambda}{1-xy_\lambda}\qquad (\lambda=0,\ \ldots,\ N-1).$$

Calculant, en outre, les résidus à l'infini $\frac{1}{2\pi i}\int z^\lambda u(x, z)\,dz$ $(\lambda=0, \ldots, N-1)$ à l'aide de la formule explicite qui résulte pour $u(x, z)$ de (14) [en procédant de manière analogue que, dans une Note précédente [1], pour la coupure $<-1,\ 1>$], on obtient

$$(16)\quad \begin{array}{l}\displaystyle u_\lambda(x)=\sum_{j=1}^{n}\int_{C_{2j-1}}^{C_{2j}} g_N(x,\ z)\sum_{k=0}^{N-1}\sum_{i=0}^{N-k-1}\\ \displaystyle\qquad\times\left(2y_k^2\frac{dg_N(y_k,z)}{dy_k}e_{i+k+1}+y_k g_N(y_k,\ z)\,\varepsilon_{i+k+1}\right)z^{\lambda}\rho(z)\,dz;\end{array}$$

des expressions (15) et (16) qui sont égales, identiquement en $x, y_0, \ldots, y_{N-1}$,

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1363

les formules (13) résultent à l'aide de (8). Pour $a(z)=z$, $b(z)=1$, $d(z)=z^2-1$, $N=n=1$, $f(z)=az+b\,(a\geqq|b|)$, (11) se confond, au facteur $2\mu+a+1$ près, avec (10), et l'on obtient alors le système de polynomes *orthogonaux* traité l. c. (1). Notons qu'en admettant pour $a(z)$, ..., $f(z)$ des polynomes à coefficients complexes, la théorie esquissée ici peut être étendue considérablement.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Lignes de Green et mesure harmonique*, Note (*) de MM. **Marcel Brelot** et **Gustave Choquet**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. On sait que dans le plan, pour un domaine D simplement connexe par exemple borné, les trajectoires orthogonales des cercles de Green C_λ d'équation $G(O,M)=\lambda$ (O fixé dans D) déterminent entre les bouts premiers de D et les points de tout C_λ une correspondance biunivoque qui conserve en un certain sens la mesure harmonique, et que pour cette mesure, presque toutes ces trajectoires sont de longueur finie (G.-C. Evans).

Nous allons adapter ces résultats à des domaines quelconques, d'abord bornés, de l'espace R_n à $n\geqq 2$ dim; il en résultera que l'ensemble des points-frontière (à distance finie) non accessibles par un chemin de longueur finie est de mesure harmonique nulle.

2. Soient D un domaine quelconque borné de R_n, O un point fixé dans D et G (M) la fonction de Green de D, du pôle O. Appelons *sphère de Green* S_λ le lieu des points M de D où $G(M)=\lambda$ $(0<\lambda<+\infty)$. Soit μ_λ la mesure harmonique (sur S_λ) en O relative au domaine $G(M)>\lambda$. Appelons *ligne de Green* tout arc simple ouvert et orienté L de D, dont la tangente orientée ait en tout point même sens que $\overrightarrow{\text{grad}}\,G\neq 0$; toute ligne L appartient à une ligne L saturée et unique. Définissons inf (L) comme inf G (M) pour $M\in L$; et de même sup (L). On dira que L est *régulière* si inf $(L)=0$ et sup $(L)=+\infty$ [il peut exister des L saturées telles que $0<\inf(L)<\sup(L)<\infty$]; elle rencontre tout S_λ en un point et un seul. Soit E_λ la trace sur S_λ des lignes L régulières; celles-ci déterminent entre deux E_λ quelconques une correspondance biunivoque dite canonique.

Théorème 1. — *a. Pour tout* λ, $\mu_\lambda(S_\lambda-E_\lambda)=0$ *et la correspondance canonique conserve les mesures* μ_λ, ce qui permet de définir une mesure-ν sur l'ensemble $\mathcal{L}$ des lignes de Green régulières, avec $\nu(\mathcal{L})=1$.

b. Le sous-ensemble $\mathcal{L}'$ *des lignes régulières de longueur finie est de* ν-*mesure égale à* 1.

Pour la première partie, on utilise le fait que l'ensemble des points irré-

(*) Séance du 9 mai 1949.

guliers de la frontière de D et l'ensemble des points de D où $\text{grad}\,G = 0$ sont de capacité nulle. Les formules classiques d'intégration de Green montrent alors que $\mu_\lambda(S_\lambda - E_\lambda) = 0$. La seconde partie résulte de ce que $\int (\text{grad}\,G)^2\, dv$ étendue à D diminué d'un voisinage de O est finie.

Corollaires. — 1. *Soit dans* D, *u sousharmonique, bornée supérieurement telle que sur chaque ligne de* $\mathcal{L}'$ (*relative au pôle* O *fixé*), *la limite supérieure de u pour* $G \to 0$ *soit* ≤ 0. *Alors* $u \leq 0$.

2. Il s'ensuit que *les points-frontière de* D *non accessibles par longueur finie forment un ensemble de mesure harmonique nulle. Énoncé analogue avec les éléments* ramifiés (1).

Théorème 2. — *A chaque ligne de* $\mathcal{L}'$ *correspond un point-frontière au sens ordinaire et aussi au sens ramifié. Soit e un ensemble de la frontière* (*ordinaire ou ramifiée*) *admettant une mesure harmonique* (*ordinaire ou ramifiée*). *Son image réciproque dans* $\mathcal{L}'$ *admet une* ν*-mesure égale à la mesure harmonique en* O *de e* (*ordinaire ou ramifiée*) (mais il n'y a pas toujours cette conservation pour l'image directe).

3. *Extension.* — La théorie s'adapte si le domaine, admettant une fonction de Green, n'est pas borné; soulignons la différence suivante, importante s'il y a au moins trois dimensions : presque toutes les lignes de $\mathcal{L}$ ont une longueur finie ou convergent vers le point à l'infini, et l'ensemble de celles qui vont à l'infini a une ν-mesure égale à la mesure harmonique en O du point à l'infini.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions analytiques presque loxodromiques et presque périodiques loxodromiques. Généralisations-relation avec les problèmes de l'itération.* Note (*) de M. **Paul Métral**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. M. H. Bohr a défini les fonctions presque périodiques analytiques et utilisant des bandes parallèles à Oy, les presque périodes correspondant à des segments situés sur Oy, de longueur inférieure à l. La transformation $(z;\, Nz)$ remplaçant un point de OM par un point de OM, on définira les presque loxodromiques (1) analytiques en partant de domaines angulaires de sommet O. Dans le cas presque périodique loxodromique on peut utiliser des couronnes ou des bandes, ces dernières permettant l'utilisation directe des théorèmes Phragmen et similaires.

---

(1) *Voir* M. Brelot, *Le problème de Dirichlet ramifié* (*Annales de l'Université de Grenoble*, Section Math.-Phys., 22, 1946, p. 167-200).

(*) Séance du 9 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 752.

Une fonction $f(x)$ sera donc dite p. p. l. analytique dans une bande $(O; X)$ s'il existe une longueur l et un nombre N tels que :

1° tout intervalle de longueur l contenu dans cette bande et parallèle à Oy contienne un nombre b;

2° z étant quelconque dans cette bande, l'intervalle $(z; Nz)$ contienne un a (a et b donc en général complexes);

3° $-f(z)$ soit holomorphe dans la bande et dans sa transformée par $Z = az + b$;

4° a et b étant déterminés, on ait quel que soit z dans la bande

$$|f(az+b) - f(z)| < \varepsilon.$$

Une telle fonction a les propriétés générale des presque périodiques : à tout z de la bande on peut associer un Y situé dans un segment déterminé de Oy, tel que

$$|f(z) - f(Y)| < 2\varepsilon.$$

Donc ces fonctions sont bornées; elles sont normales et sont les seules normales, la normalité étant définie au moyen des suites évidentes $f(uz+v)$. D'où le caractère p. p. l. de la somme et du produit.

La transformation indiquée plus haut associe une parallèle à Oy à une certaine droite, ce qui permet de définir une fonction p. p. l. sur une parallèle à Oy : si une fonction est p. p. l. sur une telle parallèle, si elle est holomorphe et bornée dans des bandes associées contenant les deux droites, elle est p. p. l. dans la bande parallèle à Oy, d'où des conséquences évidentes concernant des bandes intérieures, maxima, etc.

II. Nous appellerons Rpp, Rpl, Rppl les fonctions obtenues en remplaçant dans les inégalités le second terme $f(z)$ par une fonction $R(f(z))$, R désignant une fonction connue. Dans le cas presque périodique et pour les fonctions réelles continues, on a ainsi : dans tout segment de longueur l existe b tel que

$$\left|f(x+b) - R(f(x))\right| < \varepsilon,$$

ces fonctions sont encore bornées; si l'on considère deux telles fonctions $f(x)$ et $g(x)$, il existe un nombre k tel que simultanément

$$|f(x+k) - f(x)| < 4\varepsilon \quad \text{et} \quad |g(x+k) - g(x)| < 4\varepsilon,$$

f et g ne sont pas des fonctions de Bohr, k dépend de f et de g, mais le couple des fonctions a des propriétés semblables, et bien que la somme, le produit, ne conduisent pas à des Rpp, les résultats restent analogues à ceux des presque périodiques.

De même les Rpl étant définies par : dans tout intervalle (u, Nu) existe a tel que $\left|f(ax) - R(f(x))\right| < \varepsilon$, on montre que : étant données deux Rpl, f et g, il existe un a tel que à la fois

$$|f(ax) - f(x)| < 4\varepsilon \quad \text{et} \quad |g(ax) - g(x)| < 4\varepsilon,$$

de sorte que le couple f, g a des propriétés qui le rattachent aux presque loxodromiques.

Enfin a et b ayant la signification habituelle correspondant à l et N pour un ε donné, les Rppl correspondent à

$$\left|f(ax+b)-\mathrm{R}\big(f(x)\big)\right|<\varepsilon$$

et donnent lieu aux mêmes remarques; par exemple le théorème de la somme pour deux Rppl montre l'existence de a et b tels que

$$|f(ax+b)+g(ax+b)-f(x)-g(x)|<8\varepsilon$$

a et b étant dans des intervalles qui dépendent des deux fonctions La théorie de la normalité conduit facilement aussi à ces énoncés où la fonction R disparait.

Toutes ces fonctions ont des théorèmes de la moyenne; et ce qui est essentiel, les produits de fonctions de même espèce ont des théorèmes de moyenne.

III. On sait l'importance de cette dernière remarque pour la théorie des fonctions presque périodiques où la moyenne d'un produit est utilisée en prenant comme seconde fonction une périodique ordinaire. La théorie de l'itération fournit précisément de telles fonctions auxiliaires : les fonctions Rpp sont liées à l'équation associée à l'équation d'Abel :

$$f(z+b)=\mathrm{R}\big(f(z)\big),$$

les Rpl à l'associée à l'équation de Schröder :

$$f(sz)=\mathrm{R}\big(f(z)\big);$$

en particulier dans ce dernier cas, les fonctions entières de Poincaré ([2]), qui se rattachent au problème des fonctions ayant des théorèmes de multiplication sont essentielles; naturellement on est ramené au domaine complexe et à des problèmes qu'on peut appeler de presque-itération.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les fonctions de corrélation des processus de Markoff.* Note (*) de M. **Albert Tortrat**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Rappelons qu'une fonction aléatoire constitue un processus de Markoff simple, lorsque les diverses probabilités de passage, d'un instant t à un instant

([2]) Poincaré, *Journal de Liouville*, 1890, p. 313; Fatou, *Journal de Liouville*, 1923, p. 343; Julia, *Bull. Soc Math.*, 1924; Julia, Notes aux *Comptes rendus*, 1925.

(*) Séance du 9 mai 1949.

$t' \geqq t$ ne dépendent pas de ce que l'on sait être arrivé à un instant quelconque θ antérieur à t, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas hérédité. Nous nous plaçons dans le cas le plus général tel qu'on le trouve par exemple, précisé par Yosida et Kakutani [1] : la fonction aléatoire $X(t)$ est, pour chaque t, une variable aléatoire définie sur un espace abstrait $\Omega(x \in \Omega)$ où une mesure a été définie; elle y prend les valeurs $f(x)$, $p(x, t)$ étant la fonction de répartition à l'instant t. $P(x, y; s, t)$ désigne la fonction de répartition conditionnelle, en y, à l'instant $t \geqq s$, sachant que $X = f(x)$ s'est réalisé à l'instant s.

P définit deux opérateurs linéaires : l'un, T, défini dans l'espace de Banach $\mathcal{B}$ des fonctions $f(x)$ mesurables B et bornées sur Ω, transforme $f(x)$ en

$$\varphi(x) = \int_\Omega f(y)\, dy\, P(x, y; s, t) = Tf,$$

l'autre T^* (adjoint du précédent) opérant sur les fonctions complètement additives d'ensembles $g(E)$ définies sur tout ensemble de Borel E de Ω, transforme $g(E)$ en $\psi(E) = \int_\Omega g(dx)\, P(x, E; s, t)$. Les intégrales sont prises au sens de Lebesgue-Stieljes.

T (ou T^*) vérifie l'équation fondamentale caractérisant les processus de Markoff

$$T(s, t) = T(s, u)\, T(u, t) \qquad (s \leqq u \leqq t).$$

Cas non stationnaire. — Si T est continue en s et t, au sens de la continuité uniforme de la topologie des opérateurs, T est nécessairement de la forme $\alpha(s)\alpha^{-1}(t)$, au sens du produit des opérateurs (la réciproque n'est pas vraie, c'est-à-dire que T peut être de cette forme sans être nécessairement continue) et la corrélation $\rho(s, t)$ est de la forme $\int_\Omega g(dx, s)\, \bar{f}(x, t) = [Y(t), X(s)]$ (le trait sur f désigne la quantité conjuguée).

Dans le cas purement discontinu (c'est-à-dire d'un nombre dénombrable d'états possibles), ρ égale la somme $\sum_1^\infty g_i(s)\, \bar{f}_i(t)$ effectuée sur tous les états possibles dans Ω.

C'est seulement dans le cas fini que cette propriété impose à $\rho(s, t)$ une structure très particulière.

Cas strictement stationnaire. — p ne dépend pas du temps et

$$d_x p(x) = \int_\Omega d_y p(y)\, P(y, x; t) \qquad \text{ou} \qquad pT = p.$$

P ne dépend que de $t = u - s$.

---

(1) *Annals of Mathematics*, 1941.

Dans le cas continu (uniformément), c'est-à-dire sous la seule hypothèse $T(t) \to J$ si $t \to 0$ [J est un projecteur qui peut n'être pas l'opérateur identité $I = T(0)$], il existe [résultats de Dunford et Hille ([2])] un générateur a, opérateur linéaire borné tel que $T(t) = J e^{ta}$.

Comme $\| T(t) \| = 1$, le spectre de a [c'est-à-dire l'ensemble des points λ pour lesquels l'inverse de l'opérateur $\lambda I - a$ n'existe pas comme opérateur borné partout défini $R(\lambda)$] est contenu dans le demi plan $\mathcal{R}(\lambda) \leq 0$ ($\mathcal{R}$ = partie réelle). Si les points de $\sigma(a)$ situés sur l'axe imaginaire du plan complexe en λ sont isolés, on peut d'après la théorie spectrale [*cf.* Hille ([2])] décomposer a en $a_1 + a_2$, avec $T(t) = J e^{ta_1} + J e^{ta_2}$, tels que $\sigma(a_1)$ soit dans la portion $\mathcal{R}(\lambda) \leq \varepsilon < 0$ du plan λ, et $\sigma(a_2)$ sur l'axe imaginaire uniquement. La résolvante de a_1, soit $R_1(\lambda)$, est holomorphe pour $\mathcal{R}(\lambda) \geq 0$ et la première partie de T contribue uniquement à la portion continue et dérivable de la fonction spectrale $F(x)$ de la corrélation $\rho(t)$, [ρ est pour $t > 0$ la fonction caractéristique de $F(x)$], soit $F_1(x) = \int_{-\infty}^{x} f_1(t)\, dt$

$$f_1(x) = \frac{1}{\pi} \mathcal{R}\left(g, R_s(ix)\bar{f}\right), \qquad d_x g(x) = d_x p(x) f(x).$$

Reste la part due à $J e^{ta_2}$.

On peut conclure lorsque ces points (isolés sur l'axe imaginaire) sont des pôles. Ils sont alors nécessairement d'ordre 1 (rang fini ou infini). Le calcul direct donne comme contribution à $F(x)$, sa partie discontinue aux points x_j tels que les ix_j soient les pôles en question.

Dans le cas fortement convergent, toujours d'après Hille, a n'est plus borné et les conclusions précédentes ne valent que si $T(t) = J_1 e^{ta_1} + J_2 e^{ta_2}$ (a_1 comme a n'étant pas borné), ce qui n'est pas le cas en général.

Dans le cas d'un nombre fini ou dénombrable d'états possibles, les propriétés de décomposition de J en groupes instantanés ramènent le calcul de $\rho(t)$ au cas où $J = 1$, opérateur identité.

Pour deux états possibles seulement, on montre qu'une réciproque est valable, c'est-à-dire que si $\rho(t)$ est de la forme indiquée ci-dessus, il existe un processus de Markoff strictement stationnaire dont elle est fonction de corrélation.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Indicateurs abstraits et champs stochastiques* ([1]).

Note de M. **Michel Loève**, présentée par M. Émile Borel.

Indicateurs. — A un champ borélien $\mathcal{F}(U)$ d'ensembles A, B, ..., défini sur l'ensemble fondamental U d'éléments u faisons correspondre un champ $\mathcal{F}(I)$

([2]) *Analysis and semi-groups* (*Colloquium of Am. Math. S.*, XXXI.)

([1]) La théorie ci-dessus a été développée dans un cours donné en 1947 à University College (Université de Londres).

d'éléments abstraits, *indicateurs idempotents*, I(A), I(B), ..., I(U) = 1 tels que

$$I(\bar{A}) = I(U - A) = 1 - I(A), \qquad I\left(\bigcap_k A_k\right) = \prod_k I(A_k),$$
$$I\left(\bigcup_k A_k\right) = 1 - I\left(\bigcap_k \bar{A}_k\right).$$

Introduisons les *indicateurs simples*

$$X = \sum_{k=1}^{m} x_k I(A_k), \qquad Y = \sum_{l=1}^{n} y_l I(B_l), \qquad \ldots,$$

x_k, y_l, ... réels ou complexes (ou, plus généralement, éléments d'un anneau de Banach), avec $I(X \in A_k) \equiv I(A_k)$; $X = 0$, $X > 0$ équivalent, respectivement, à tous les $x_k = 0$, tous les $x_k > 0$;

$$f(X, Y, \ldots) = \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{n} \cdots f(x_k, y_l, \ldots) I(A_k, B_l, \ldots).$$

A l'ensemble des fonctions simples, $\geqq 0$, définies sur $\mathcal{F}(U)$, ayant pour borne supérieure une fonction $x(u) \geqq 0$ [nécessairement mesurable $\mathcal{F}(U)$, prolongée sur U] correspond un ensemble d'indicateurs simples qui définira un indicateur $X = \int x(u) I(du)$, *borne supérieure de cet ensemble*. On passe de là à l'espace topologique d'indicateur $\{X\}$ correspondant à l'ensemble des fonctions mesurables $\mathcal{F}(U)$, et qui est en même temps un anneau. Un tel espace peut également être défini sur un groupe de champs $\mathcal{F}_i(I_i)$ dont les éléments respectifs ne sont pas nécessairement commutatifs. On peut également procéder en sens inverse, partir d'un espace $\{X\}$ qui soit : *a*, un anneau; *b*, vectoriel; *c*, partiellement ordonné; *d*, tel que toute suite non-décroissante et bornée supérieurement définit un élément de $\{X\}$, la borne supérieure de la suite.

Espérance mathématique. — Définissons l'opération $\mathcal{E}$ par

$$(1) \qquad \mathcal{E} I(A) \geqq 0, \qquad \mathcal{E}(1) = 1,$$
$$(2) \qquad \mathcal{E}[x I(A) + y I(B)] = x \mathcal{E} I(A) + y \mathcal{E} I(B),$$
$$(3) \qquad \mathcal{E}(\lim X_n) = \lim \mathcal{E}(X_n),$$

si cette dernière existe. $\mathcal{E} I(A)$ s'écrira encore Pr(I).

On détermine ainsi un champ stochastique $\{X, \mathcal{E}\}$ dont l'étude se fera par une méthode uniforme : 1° on établit des relations entre indicateurs, 2° on applique $\mathcal{E}$.

2. *Réalisations.* — A. Champs finis, $\mathcal{E}$ obéit à (1) et (2).

1° $\mathcal{F}$ est défini sur le produit direct d'un nombre fini des U_i; les indicateurs idempotents sont les fonctions caractéristiques de ses éléments. On retrouve

les champs de probabilités finis, avec la notion d'espérance mathématique comme notion première.

2° Les indicateurs idempotents sont des matrices correspondant à des résolutions finies de l'identité; $\{X\}$ est l'ensemble des matrices définies d'après I. En se bornant à une résolution de l'identité et aux matrices hermitiennes on retrouve que $\mathcal{E}X = \text{trace } PX$ où P est une de ces matrices qui soit du type non négatif et de trace 1.

B. Champs infinis, $\mathcal{E}$ obéit à (1), (2) et (3).

1° $\mathcal{F}$ est défini sur un produit des U_i, les indicateurs idempotents sont les f. c. de ses éléments. On retrouve les champs infinis de probabilités.

2° $\mathcal{F}$ est défini sur une résolution $I(u)$ de l'identité dans un espace de Hilbert. Les X sont alors des opérateurs de la forme

$$\int x(u)\, I(du) \quad \text{et} \quad \mathcal{E}X = \sum_k |c_k|^2 (Xf_k, f_k),$$

où

$$\sum_k |c_k|^2 = 1, \qquad (f_k, f_l) = \delta_{kl}.$$

3° $\mathcal{F}$ est défini sur plusieurs résolutions de l'identité, soit pour fixer les idées $I(u)$ et $J(v)$. Alors X et $Y = \int y(v) J(dv)$ généralement ne commutent pas. Posons

$$Z = XY = \mathcal{R}XY + i\mathcal{J}XY, \quad \text{où} \quad \mathcal{R}XY = \frac{XY + YX}{2}, \qquad \mathcal{J}XY = \frac{XY - YX}{2}$$

sont hermitiens, par suite possèdent chacun une résolution de l'identité et les probabilités attachées à chacun existent. Généralement, il n'y a pas de probabilité attachée à l'opérateur *complexe* Z (dont le conjugué $\bar{Z}$ sera $\bar{Y}\bar{X}$); néanmoins l'espérance mathématique a un sens. On peut introduire des stochastiques de second ordre et les propriétés des espérances mathématiques correspondantes sont préservées. Ainsi le déterminant $\|\mathcal{E}Z_l\bar{Z}_k\| \geqq 0$, k, $l = 1, 2, \ldots, n$. Pour $n = 2$, l'on a

$$\mathcal{E}|Z_1|^2 \mathcal{E}|Z_2|^2 \geqq \mathcal{R}^2(\mathcal{E}Z_1\bar{Z}_2) + \mathcal{J}^2(\mathcal{E}Z_1\bar{Z}_2).$$

Si $\mathcal{E}Z_1 = \mathcal{E}Z_2$ et $\mathcal{J}Z_1\bar{Z}_2 = C$, alors le premier membre est $\geqq C^2$; c'est une relation d'indétermination. On retrouve le modèle stochastique de la mécanique quantique si : *a*. les résolutions de l'identité sont canoniquement conjuguées, ce qui les détermine à une transformation unitaire d'ensemble près; *b*. l'on se borne aux $x(u)$ et $y(v)$ réels.

On peut enfin se placer dans des espaces plus généraux, par exemple dans les espaces réflexifs où les opérateurs de projection possèdent les propriétés nécessaires.

Aux résultats de la théorie *concrète* (classique) des probabilités où la notion première est celle de probabilité correspondent dans cette théorie abstraite des champs stochastiques des résultats parallèles, du moins autant que les indicateurs considérés commutent.

MÉCANIQUE. — *Remarque sur la stabilité en connexion avec les valeurs propres d'une matrice*. Note (*) de M. **François H. Raymond**, présentée par M. Louis de Broglie.

Des problèmes de mécanique et de servomécanisme conduisent à rechercher les valeurs caractéristiques d'une matrice régulière, plus précisément à rechercher le signe de ces valeurs caractéristiques. Des Notes de Maurice Parodi ont apporté une contribution à l'étude de cette question. Une Note récente de M. Udo Wegner ([1]) donne une méthode obtenue dans une voie que nous avions nous-même abordée. Cette Note complète celle de M. Wegner.

Considérons la transformation conforme

$$\Omega = n\frac{\lambda+1}{\lambda-1}, \tag{1}$$

que transforme le demi-plan $\mathcal{R}\lambda < 0$ dans le domaine intérieur au cercle de rayon égal à n (centré à l'origine). Cette transformation associe à la matrice A d'ordre n, la matrice :

$$C = n(A - I)^{-1}(A + I) \qquad (I = \text{matrice unité d'ordre } n), \tag{2}$$

ou encore $C = nB$, B étant la transformée de A considérée par M. Wegner.

Si tous les termes de C sont, en module, inférieurs à l'unité, on sait que ses valeurs caractéristiques sont à l'intérieur du cercle de rayon n centre à l'origine. Les termes de B sont donc, dans ce cas, inférieurs, en module à $1/n$.

On peut donc énoncer les deux propriétés suivantes :

a. Si la matrice $(A - I)^{-1}(A + I)$ a tous ses termes inférieurs, en module, à $1/n$, n étant l'ordre de la matrice A, alors les valeurs caractéristiques λ_i de A sont à partie réelle négative : $\mathcal{R}\lambda_i < 0$.

b. Si la matrice $(A + I)^{-1}(A - I)$ a tous ses termes inférieurs, en module, à $1/n$, les valeurs caractéristiques de A sont à partie réelle positive : $\mathcal{R}\lambda_i > 0$.

On peut exprimer la matrice A en fonction de B. La relation homographique considérée sous *b* peut s'écrire :

$$B + I = (I - B)A,$$

ou encore :

$$2I = (I - B)(A + I).$$

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1200.

Par suite, *les matrices* A *déduites par la relation :*

$$A = 2(I - B)^{-1} - I, \tag{3}$$

de toute matrice B *dont les termes ont leur module inférieur à l'unité sont définies positives.*

ÉLASTICITÉ. — *Mesures des contraintes résiduelles à la surface des aciers cémentés et trempés.* Note (*) de MM. **Jacques Pomey**, **Louis Abel** et **François Goutel**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons exposé l'intérêt de ces mesures et les principes sur lesquels elles reposent, nous nous proposons, dans la présente Note, de donner un exemple d'application.

Sur la surface polie de la pièce dont on veut mesurer la limite élastique à la compression, on applique une bille polie d'acier dur à roulement et de diamètre petit, on exerce une force de pression légère (400^g) et mesure au pont double de Thomson la résistance de contact, puis on exerce successivement une série de forces plus élevées, 500^g, 600^g, 700^g, en revenant après chaque application à la charge initiale de 400^g. On trace par points le diagramme résistance de contact R sous la charge initiale de 400^g en fonction de la charge maxima F appliquée avant mesure de R. On constate (*fig.* 1) une brusque chute de la résistance de contact pour la charge correspondant à la limite élastique de contact. Connaissant le module élastique de la bille et de la pièce en

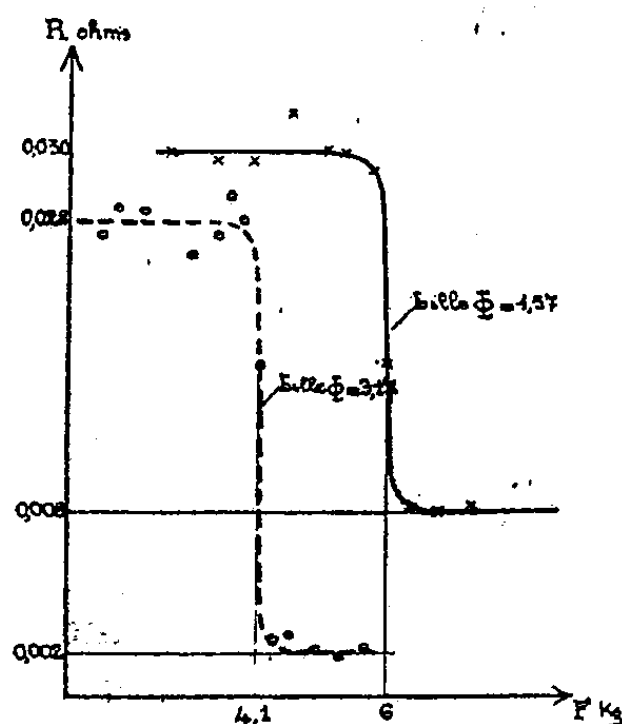


Fig. 1.

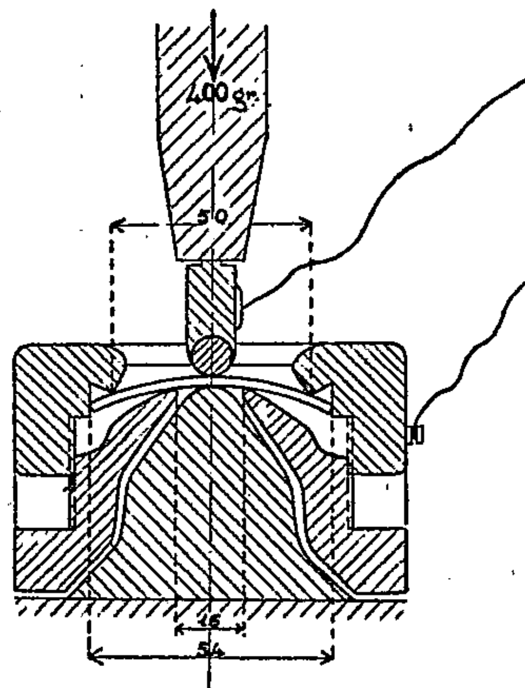


Fig. 2.

essai, ainsi que les rayons de courbure, la formule de Hertz donne la pression maxima au centre du cercle de contact qui est la limite élastique cherchée.

Nous avons opéré sur un cylindre (diam 58^{mm}, h 200^{mm}) en acier nickel

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 223-224.

chrome de cémentation (C 0,18, Ni 1,5, Cr 1, Mn 0,8) cémenté au gaz pour une profondeur de $1^{mm},2$ trempé au sel à 250° pendant deux minutes, refroidi d'abord à l'air calme, puis à l'air liquide; nous trouvons une dureté Rockwell cône d'indice 61,5 et une limite élastique à la compression de 680 kg/mm².

Ce cylindre est foré, alésé sous l'eau et par faibles passes pour éviter tout échauffement ou toute déformation jusqu'à une épaisseur restante de $2^{mm},5$ et découpé avec le même soin en douze morceaux égaux par deux sections droites et deux sections diamétrales. La dureté Rockwell tombe à 58 et la limite élastique à la compression à 350 kg/mm².

Pour pouvoir déduire la contrainte superficielle de ces mesures, nous préparons par ailleurs un acier homogène de même composition en ce qui concerne les divers éléments d'addition Ni, Cr, Mn et impuretés, mais à 1 % de carbone. Celui-ci est forgé et laminé en plat et usiné sous forme de disques de 54^{mm} de diamètre et $2^{mm},46$ d'épaisseur; ceux-ci sont polis, protégés par cuivrage, soumis au même traitement thermique que le cylindre, décuivrés au bain de cyanure. Un disque est fixé dans un montage imaginé par M. Blain, de telle sorte que le serrage entre un cercle de 16^{mm} de diamètre pour une face et 50^{mm} pour l'autre, donne au disque une déformation purement élastique et paraboloïde de révolution (*fig.* 2).

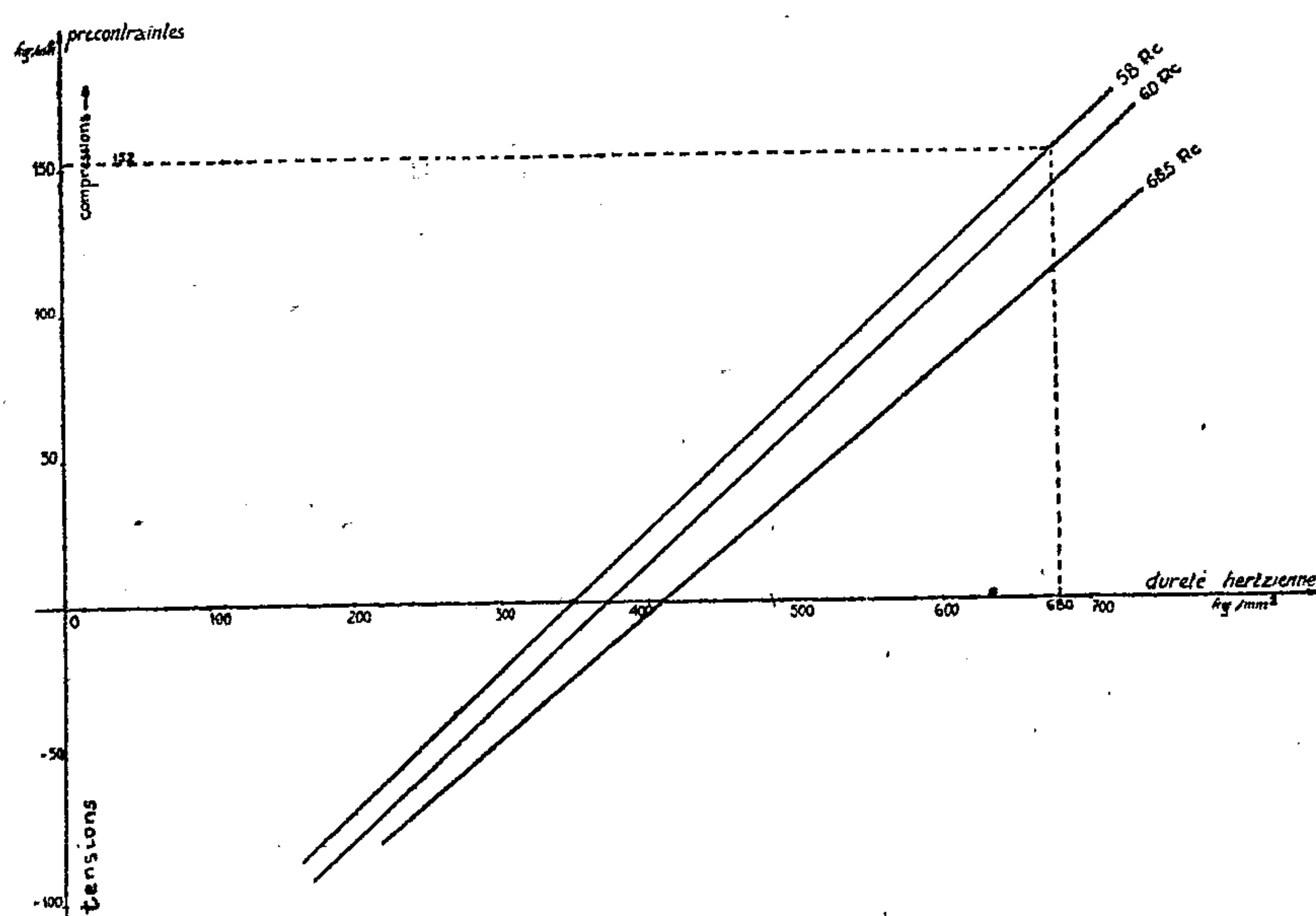


Fig. 3.

On mesure le rayon de courbure au sommet soit par méthode optique, soit à l'aide d'un comparateur. On en déduit les contraintes élastiques en extension sur une face et en compression sur l'autre. Le disque avec sa monture est placé sur l'appareil de mesure de la limite élastique à la compression. On

peut ainsi tracer la courbe peu éloignée d'une droite, reliant la limite élastique à la compression, à la contrainte superficielle préalable (*fig.* 3).

On opère ainsi sur des disques ayant subi des traitements très légèrement différents jusqu'à trouver pour l'un d'eux la même dureté Rockwell, indice 58, et la même limite élastique à la compression (350 kg/mm²) que la surface du cylindre détendue par découpage en l'absence de contrainte préalable. Sur la courbe correspondante une limite élastique à la compression de 680 kg/mm² correspond à une contrainte préalable de 150 kg/mm². C'est avec une précision de ± 10 kg/mm², la valeur de la contrainte superficielle développée par la cémentation suivie de trempe. Ces contraintes élevées expliquent le comportement des aciers cémentés et en particulier leur endurance exceptionnellement élevée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la visualisation du tourbillon marginal d'une aile, au moyen de lamelles d'aluminium, en soufflerie aérodynamique.* Note (*) de M. JOSEPH-MAURICE BOUROT, présentée par M. Henri Villat.

De chaque extrémité d'une aile en translation, s'échappe un tourbillon, d'axe quasi rectiligne et quasi parallèle à la direction d'avancement; le phénomène a fait l'objet des recherches de plusieurs expérimentateurs ([1]) et sa structure qualitative est élucidée. Toutefois, il restait à préciser certaines valeurs quantitatives, dont la connaissance est liée à celle du champ aérodynamique.

Nous avons étudié une méthode qui permet de déterminer chronophotographiquement la *répartition des vitesses*, et d'en déduire *l'inclinaison des trajectoires hélicoïdales*, la *rotation angulaire des couches*, la valeur du *vecteur tourbillon*, et celle de la *pression*.

Nous avons d'abord vérifié que le tourbillon est entraîné *en bloc* par le courant général, c'est-à-dire que tous ses points ont la même vitesse *axiale* V_0. Il restait à évaluer les projections v, sur un plan L normal à l'axe tourbillonnaire, des vitesses V des différents points de ce plan; le champ aérodynamique est alors déterminé par la relation

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{v}.$$

En principe nous éclairons une tranche L, normale à l'axe et d'épaisseur convenable; nous y envoyons des particules d'aluminium de coefficient approprié ([2]) et nous photographions *dans l'axe*, à une distance suffisante

(*) Séance du 9 mai 1949.

([1]) Voir notamment : J. VALENSI, *Publ. Sc. et Techn. du Min. de l'Air*, **128**, 1938, p. 201 ; CH. CHARTIER, *ibid.*, **178**, 1942, p. 662.

([2]) J. M. BOUROT, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1424.

pour rendre négligeables les erreurs de parallaxe. En pratique, un miroir incliné à 45° permet de placer l'appareil photographique hors de la veine fluide : ses dimensions étant comparables à celles de la zone explorée, soit quelques centimètres, la perturbation qu'il entraîne est très localisée du côté amont.

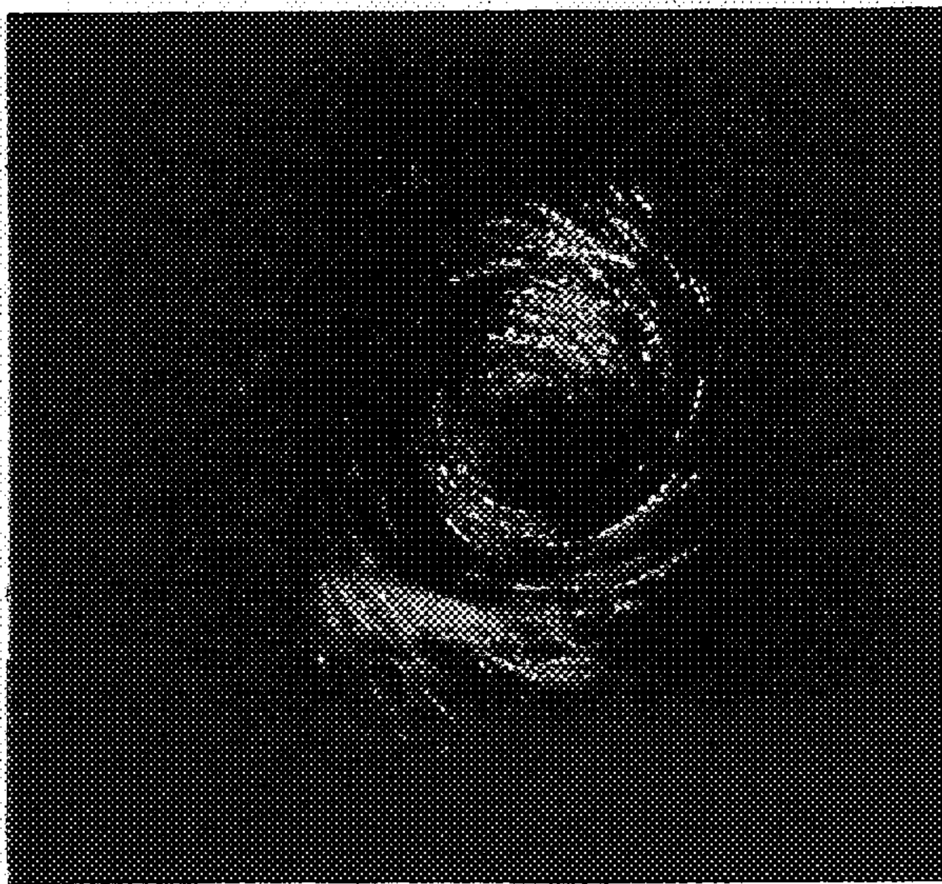


Fig. 1.

La figure 1 reproduit un cliché pris dans les conditions suivantes : Aile P. Z. L. D. J. 3., bout rectangulaire; Corde : 12^{cm}, Demi-envergure : 40^{cm}. Incidence : 15°; Vitesse du courant général : $V_0 = 72$ cm/s; Coefficient de poudre : $K_0 = 5000$.

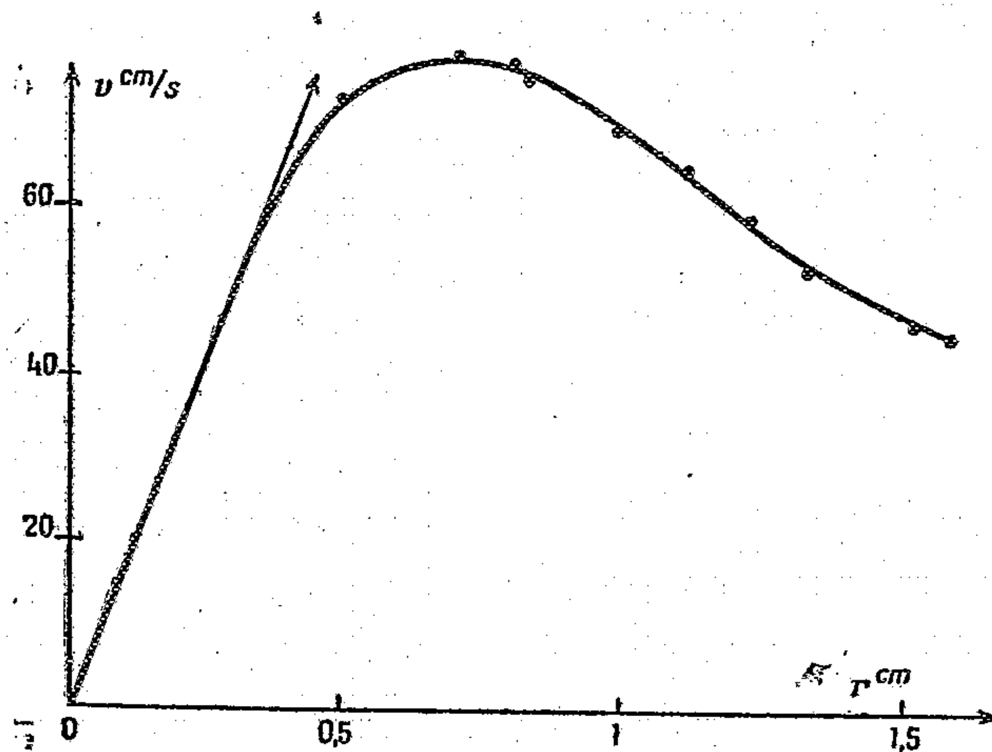


Fig. 2.

Vers le centre de la photographie, les mesures sont impossibles, les trajectoires étant quasi parallèles à l'axe. Vers la périphérie, les trajectoires se

raccordent à l'écoulement général. La zone intermédiaire est bien organisée et permet une bonne restitution du champ aérodynamique.

Des mesures sur agrandissement donnent la répartition des vitesses v, en fonction de la distance radiale r. Nous avons extrapolé nos résultats jusqu'à l'origine, en admettant que, du fait de la viscosité, la partie centrale du noyau tourne en bloc (*fig.* 2). Le phénomène ne suit la loi théorique

$$v\,r = \text{Const.}$$

qu'au delà d'une notable valeur de r, correspondant sensiblement au milieu de la zone organisée.

A partir de ces mesures, les autres caractéristiques de l'écoulement s'obtiennent aisément.

DYNAMIQUE STELLAIRE. — *Sur l'évolution des galaxies en spirale barrée.* Note de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

La théorie hydrodynamique des figures des univers stellaires, telle qu'elle a été conçue et développée ([1]) par Lindblad, et la théorie de l'apparition d'un potentiel de résonance dans un système stellaire d'aplatissement croissant ([2]), conduisent indépendamment l'une de l'autre à la définition d'un *aplatissement critique* d'environ 0,7 qui est atteint au cours du temps par toute galaxie assimilable statistiquement à un ellipsoïde de révolution avec rotations internes, dans lequel la densité stellaire serait fonction des coordonnées polaires méridiennes r, φ, et pour lequel l'excentricité apparaîtrait de plus en plus forte par suite des conditions dissipatives. Notre aplatissement critique n'est pas exactement égal à celui de Lindblad, mais il en diffère très peu dans les diverses hypothèses que l'on peut faire sur la répartition des densités stellaires en fonction de r et φ. Eu égard à la largeur d'approximation que comporte le problème, cette quasi-coïncidence est frappante. L'aplatissement critique, dans les deux théories, est identifiable à la borne supérieure des aplatissements des galaxies en figure de nébuleuses elliptiques, et à la borne inférieure des aplatissements des galaxies en figure de nébuleuses spirales, d'où le passage, dynamiquement possible, de la figure elliptique à la figure spirale.

Je voudrais mettre en évidence un autre point sur lequel notre théorie des systèmes stellaires est susceptible d'appuyer de la même manière la théorie de Lindblad, modifiée récemment ([3]) à propos des galaxies dites *spirales barrées*.

([1]) *Stockholms Obs. Annaler*, **12**, n° 4, 1936; **13**, n° 5, 1940; **13**, n° 10, 1941; **14**, n° 1, 1942.

([2]) H. Fabre, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 825-827; *Ann. Obs. Toulouse*, **16**, 1941, p. 137-248.

([3]) *Stockholms Obs. Annaler*, **15**, n° 4, 1948 : Nébuleuse N. G. C. 1300.

J'ai déjà mentionné un premier cas où l'expansion en spirale ordinaire ne saurait se produire pour une galaxie ellipsoïdale arrivée à son aplatissement critique; c'est le cas où il existerait une très forte condensation stellaire centrale, dont on peut déterminer la masse, qui paraît peu probable parce que trop élevée par rapport à la masse totale.

Un deuxième cas est le suivant : prenons le potentiel de gravitation de Oort, qui est le potentiel newtonien U d'un sphéroïde homogène muni d'une surcharge centrale M (donnant dans U le terme initial Mr^{-1}), et ajoutons-lui le potentiel V d'un anneau matériel en forme de tore mince situé en bordure équatoriale externe du sphéroïde; nous avons comme somme des deux potentiels une fonction $\Omega(r, \sin^2\varphi)$, dont les deux composantes U et V jouissent des propriétés suivantes lorsque φ est nul :

$$2U'_r + rU''_r < 0\,(U_{\text{int.}});\qquad 2U'_r + rU''_r > 0\,(U_{\text{ext.}});\qquad 2V'_r + rV''_r > 0\,(V_{\text{ext.}}).$$

Il n'y a pas à considérer de V intérieur en raison de la minceur du tore, et tout se passe comme si l'anneau était réductible à une circonférence matérielle à densité linéaire encerclant le sphéroïde.

Le potentiel total Ω satisfait à la même inégalité extérieure que U et V, mais les termes significatifs de l'inégalité en V ont d'assez fortes valeurs absolues au voisinage de l'anneau, de sorte, par exemple, que le remplacement de 2 par 3 au premier membre suffit à changer le sens de l'inégalité *pour Ω extérieur* :

$$3\Omega'_r + r\Omega''_r < 0 \qquad (\text{avec } \varphi = 0).$$

Cette nouvelle inégalité exprime justement la condition pour que l'expansion équatoriale, qui donnerait lieu à des spirales ordinaires, soit impossible. Il en résulte que toute galaxie représentable par un sphéroïde de Oort entouré d'un anneau bien fourni en étoiles et en matière cosmique, devra se transformer dans sa structure interne, s'il est vrai que l'aplatissement critique amène un changement de figure. L'anneau équatorial joue, en somme, le même rôle que nous avions précédemment attribué à la valeur anormalement forte de la surcharge M placée au centre. Par ailleurs l'aplatissement critique est défini par un certain système de valeurs numériques des coefficients des développements de U et V, de façon que la dérivée de $r^2\Omega'_r$ par rapport à r puisse devenir égale à la dérivée de 2Ω par rapport à $\sin^2\varphi$ dans les limites de variation de r sur les trajectoires d'étoiles ou de particules sujettes aux premières perturbations ($\varphi \neq 0$).

La formation d'anneaux minces dans une nébuleuse elliptique a déjà été envisagée ([4]) par Randers et par moi; *l'existence d'un anneau périphérique n'est donc pas invraisemblable*, et Lindblad, notamment, l'admet. Il explique ensuite la formation de la *barre* par un processus hydrodynamique d'ondes de

([4]) H. FABRE, *Ann. Obs. Toulouse*, 17, 1945, p. 104-119.

densité, dont il resterait à trouver l'équivalent en restant dans le domaine propre de la statistique stellaire. En représentation schématique, *la barre n'est autre que le diamètre du maximum des densités internes, et elle se raccorde à chacune de ses extrémités avec une moitié correspondante de l'anneau* (raccordement à droite ou raccordement à gauche, selon le sens général de rotation). En outre, chaque moitié de l'anneau se trouve déviée de la forme circulaire et dessine un arc de spirale à petit angle d'ouverture.

ASTROPHYSIQUE. — *Relation entre les émissions radioélectriques solaires décimétriques et les taches du Soleil.* Note de M. **Jean-François Denisse**, présentée par M. André Danjon.

L'intensité moyenne journalière des émissions radioélectriques solaires, observées sur la longueur d'onde de $10^{cm},7$ par A. E. Covington (1), est successivement comparée :

au nombre relatif des taches solaires N, publié par le National Bureau of Standards de Washington;

à la somme ΣA des aires A des taches (corrigées de l'effet de bord), publiée par le Naval Observatory de Washington;

à un indice journalier $\Sigma\sqrt{A}.H_0 = \Sigma A\,(H_0/\sqrt{A})$, obtenu en prenant la somme des produits de la racine carrée de l'aire de chaque tache par son champ magnétique maximum H_0, tel qu'il est donné dans les Publications de la Société Astronomique du Pacifique.

Les figures *a*, *b* et *c* représentent les diagrammes de dispersion correspondants, où l'on a porté pour chaque jour en abscisses, l'intensité de l'émission radioélectrique, en ordonnées, la grandeur de comparaison.

On voit que la relation entre les taches solaires et les émissions radioélectriques notée par Covington (1), devient plus étroite au cours des comparaisons successives, ainsi qu'en témoignent les coefficients de corrélation croissants qui leur correspondent : $\rho = 0,53$, $0,76$ et $0,87$.

Les mesures qui figurent dans ces diagrammes portent sur une période de huit mois, qui s'étend de mars à octobre 1947. Les mêmes comparaisons, pour la période qui s'étend d'octobre 1947 à décembre 1948, révèlent une corrélation encore plus étroite entre les émissions solaires et la somme des aires des taches $\Sigma A\,(\rho > 0,8)$. Cependant l'amélioration apportée dans la corrélation par l'introduction du champ magnétique, encore extrêmement nette au début de cette période ($\rho > 0,9$), disparaît au cours des derniers mois ($\rho = 0,7$).

Une étude détaillée (2) montre qu'on est conduit à distinguer trois composantes dans les émissions observées sur $10^{cm},7$:

---

(1) *Proc. I. R. E.*, 36, 1948, p. 454.
(2) J.-F. Denisse, *Thèse*, Paris, 1949.

a. Un fond continu qui correspond à une température apparente du Soleil voisine de 60 000° et qui s'interprète bien en fonction des émissions par transitions libre-libre qui se produisent dans la couronne et la chromosphère.

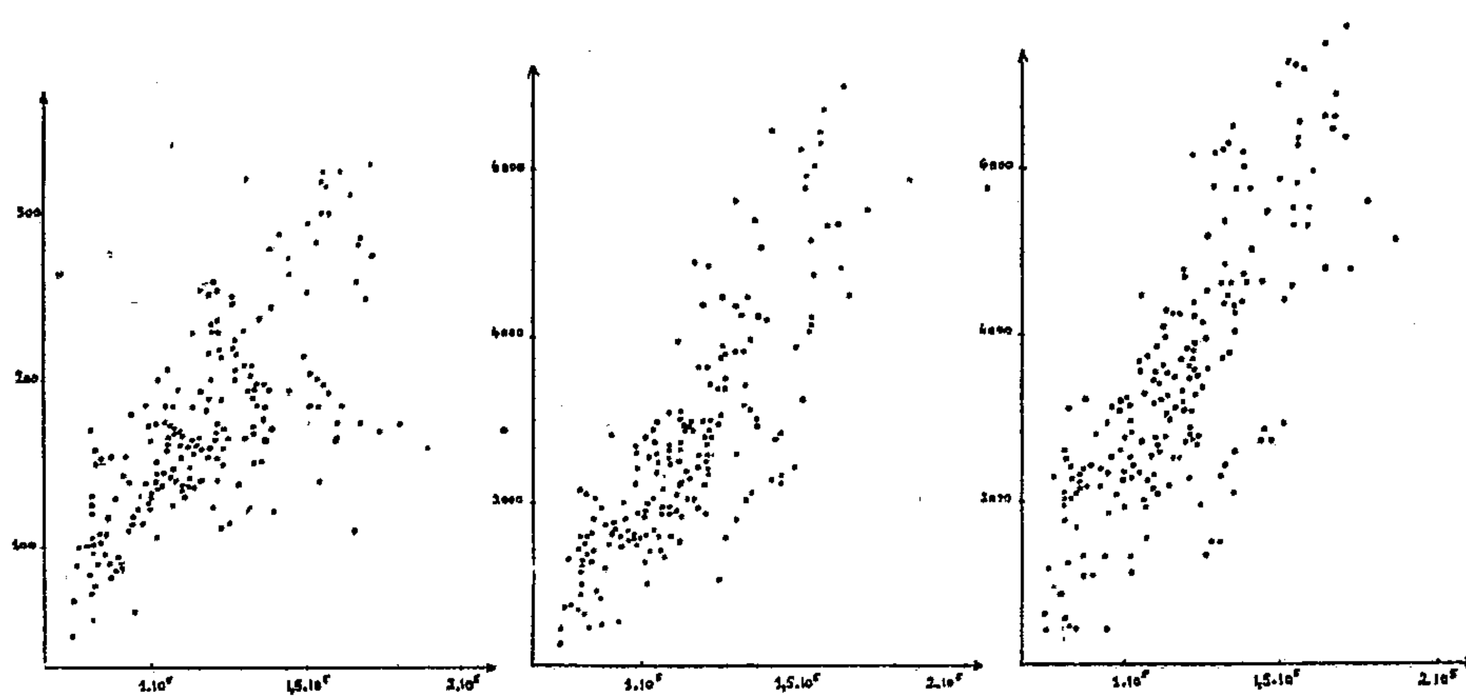


Fig. *a*. — Nombres de taches N. $\rho = 0,53$.
Fig. *b*. — Aires des taches ΣA. $\rho = 0,76$.
Fig. *c*. — Aires corrigées $\Sigma A \frac{H_0}{\sqrt{A}}$. $\rho = 0,87$.

Émissions solaires en degrés.

Abscisses : intensités des émissions solaires exprimées en température équivalente du disque.
Ordonnées : *a*, nombres de taches; *b*, aires des taches en millionièmes de la surface de l'hémisphère solaire; *c*, aires corrigées (H_0 exprimé en centaines de gauss).

b. Une composante lentement variable et très sensiblement proportionnelle à la somme des aires des taches. On doit noter en effet que les deux indices ΣA et $\Sigma A(H_0/\sqrt{A})$ sont en général peu différents : si l'on exprime H_0 en kilogauss et A en millionièmes de la surface de l'hémisphère solaire, $H_0/\sqrt{A}$ reste voisin de l'unité pour la plupart des taches. Le fait que la corrélation est améliorée par l'introduction du champ magnétique suggère une origine gyromagnétique (3) (4) (5). Cette interprétation conduirait à une température cinétique comprise entre 2 et 8 millions de degrés pour les électrons coronaux au voisinage des taches solaires.

c. De brusques augmentations d'intensité, d'une durée de deux à trois jours, qui se trouvent la plupart du temps associées à des modifications manifestes dans la topographie d'une tache ou d'un groupe de taches. Elles peuvent peut-être se rattacher à un échauffement local des électrons coronaux accélérés par les champs électriques induits dans la couronne au cours de ces variations topographiques (6) (7) (8).

(3) K.-O. Kiepenheuer, *Nature*, 158, 1946, p. 339.
(4) J.-F. Denisse, *La Revue Scientifique*, 84, 1946, p. 246.
(5) R.-G. Giovanelli, *Nature*, 161, 1948, p. 134.
(6) W.-F.-G. Swann, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 217.
(7) J.-F. Denisse, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1358.
(8) M. Ryle, *Proc. Roy. Soc.*, 195, 1948, p. 82.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'énergie d'interaction mésique des particules.* Note de M. **Jean-G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une représentation sur les états de particules libres, l'équation d'onde d'un système d'électrons peut s'écrire sous la forme ([1]), ([2]), ([3])

$$(1) \qquad i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\Phi_U = U\Phi_U \qquad \text{avec} \quad U = \frac{1}{2}\sum (\underline{n}_1 \underline{n}_2 | \mathrm{U} | \underline{m}_1 \underline{m}_2)\, a^*_{\underline{n}_1} a^*_{\underline{n}_2} a_{\underline{m}_2} a_{\underline{m}_1}.$$

Pour les éléments de matrice de l'énergie d'interaction électromagnétique totale nous avons trouvé, ([2]), ([3]) en complétant d'une façon relativiste l'énergie coulombienne par un terme correspondant à l'interaction des composantes transversales des courants, pour $\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = -\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}$, l'expression

$$(2) \qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1 \underline{n}_2 | \mathrm{U} | \underline{m}_1 \underline{m}_2) = e^2 \frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - \left(\vec{s}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\cdot\vec{s}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right)}{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - \left(\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\cdot\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}\right)},$$

avec les notations ([4])

$$\rho_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = \psi^*_{\underline{n}_i}\psi_{\underline{m}_i}, \qquad \vec{s}_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = -\psi^*_{\underline{n}_i}\vec{\alpha}\psi_{\underline{m}_i}, \qquad k_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = \left|\vec{k}_{\underline{n}_i\underline{m}_i}\right| = \frac{\left|\vec{p}_{\underline{m}_i} - \vec{p}_{\underline{n}_i}\right|}{\hbar c}, \qquad \nu_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = \frac{\mathrm{E}_{\underline{m}_i} - \mathrm{E}_{\underline{n}_i}}{\hbar c}.$$

Pour caractériser l'état d'un système de nucléons, on peut introduire l'espace R des états $\psi_{\underline{m}_i}$ d'un seul nucléon libre, où par suite du spin isotopique $\psi_{\underline{m}_i}$ possède 8 composantes. Les états d'énergie négative et les vecteurs duals correspondants de R_- apparaissent de la même façon que dans le cas de l'électron. L'état Φ_U du système peut être caractérisé ([1]), ([2]) par les composantes de tenseur antisymétrique $u_{\bar{n}_1\ldots\bar{n}_i}$. Il est possible, cependant, qu'au lieu des états de neutron et d'anti-neutron, l'état du neutron soit caractérisé par une combinaison linéaire de l'état d'une particule et d'une antiparticule ([5]).

Pour obtenir une expression de l'énergie d'interaction mésique de nucléons, on peut partir de l'analogie des équations des potentiels électromagnétiques et mésiques. Pour une onde plane monochromatique $\mathrm{A}_i = \mathrm{A}_{0i}e^{i(\vec{k}.\vec{x}-\nu ct)}$ on a $\Box\mathrm{A}_i = -(k^2-\nu^2)\mathrm{A}_i$, et l'équation $\Box\mathrm{A}_i = -4\pi e s_i$ donne pour $s_i = s_{0i}e^{i(\vec{k}.\vec{x}-\nu ct)}$, $\mathrm{A}_i = 4\pi e s_i/k^2-\nu^2$. Dans le cas mésique, on a $\Box\mathrm{A}_i - \mu^2\mathrm{A}_i = -(k^2-\nu^2+\mu^2)\mathrm{A}_i$, et la solution correspondante de l'équation $\Box\mathrm{A}_i - \mu^2\mathrm{A}_i = 4\pi g s_i$ est ainsi

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1205.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1283.

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1329.

([4]) Dans les notations données dans *loc. cit.* ([2]) le facteur c de l'expression de $\vec{s}_{n_i m_i}$ doit être supprimé, tandis que le dénominateur de $\nu_{\underline{n}_i\underline{m}_i}$ doit être multiplié par c.

([5]) E. Majorana, *Nuovo Cimento*, **14**, 1937, p. 71; W. Furry, *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 56.

$A_i = -4\pi g s_i/k^2 - \nu^2 + \mu^2$. L'argument de correspondance conduisant à la formule de Møller fournit donc dans le cas mésique, l'expression relativiste

$$(3) \qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1\underline{n}_2|U|\underline{m}_1\underline{m}_2) = -\frac{1}{2}g^2\left(\frac{1}{k^2_{\underline{n}_1\underline{m}_1} - \nu^2_{\underline{n}_1\underline{m}_1} + \mu^2} + \frac{1}{k^2_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - \nu^2_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + \mu^2}\right) \times \left(\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - (\vec{s}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}.\vec{s}_{\underline{n}_2\underline{m}_2})\right).$$

Pour $\mu = 0$, l'expression (3) donne, au facteur constant près, l'élément de matrice de Møller sous la forme symétrisée.

En cherchant pour l'énergie d'interaction des forces mésiques neutres correspondant au couplage des quadri-courants, une expression qui devienne pour $\mu \to 0$ de la forme de l'énergie d'interaction électromagnétique (2), et qui pour $\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = -\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2}$ soit identique à (3), on est conduit à poser, pour

$$\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1} = -\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2} = \vec{k}, \qquad \text{avec} \quad -(\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}.\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}) = k^2,$$

$$(4) \qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1\underline{n}_2|U|\underline{m}_1\underline{m}_2) = -g^2\frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - (\vec{s}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}.\vec{s}_{\underline{n}_2\underline{m}_2})}{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2} - (\vec{k}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}.\vec{k}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}) + \mu^2}.$$

L'élément de matrice correspondant de l'énergie d'interaction selon la théorie symétrique du méson résulte de celui de la théorie neutre, en remplaçant l'expression (4) par la somme de trois termes qu'on obtient de (4) en écrivant au lieu des opérateurs α_ν ($\nu = 0, 1, 2, 3$), dans les expressions de densité du numérateur, les opérateurs $\alpha_\nu\tau_j$ avec $j = 1, 2, 3$, les τ_j étant les opérateurs du spin isotopique.

Dans un système de référence donné, l'expression (4) peut être divisée, comme dans le cas électromagnétique, en deux termes, correspondant à la partie longitudinale et transversale de l'interaction. En utilisant l'équation de continuité $\nu_{\underline{n}_i\underline{m}_i}\rho_{\underline{n}_i\underline{m}_i} = k_{\underline{n}_i\underline{m}_i}s^{\text{long}}_{\underline{n}_i\underline{m}_i}$, on a, pour la partie longitudinale de l'énergie d'interaction,

$$(5) \qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1\underline{n}_2|U^{\text{long}}|\underline{m}_1\underline{m}_2) = -g^2\frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + s^{\text{long}}_{\underline{n}_1\underline{m}_1}s^{\text{long}}_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + k^2 + \mu^2}$$
$$= -g^2\frac{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + k^2}{k^2}\,\frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2} + k^2 + \mu^2} = -g^2\frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{k^2 + \dfrac{\mu^2}{1 + \dfrac{\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{k^2}}}.$$

Pour $|\nu_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\nu_{\underline{n}_2\underline{m}_2}/k^2| \ll 1$, ce qui correspond approximativement à $(v/c)^2 \ll 1$, on a

$$(5a) \qquad \frac{1}{4\pi\Omega}(\underline{n}_1\underline{n}_2|U^{\text{long}}|\underline{m}_1\underline{m}_2) = -g^2\frac{\rho_{\underline{n}_1\underline{m}_1}\rho_{\underline{n}_2\underline{m}_2}}{k^2 + \mu^2},$$

correspondant à l'élément de matrice de l'énergie potentielle statique $-g^2(e^{-\mu r}/r)$ de Yukawa.

Les considérations de correspondance conduisant à l'expression (3) peuvent être appliquées également dans le cas d'une source tenseur antisymétrique, pseudo-vecteur ou scalaire du champ mésique et l'on peut former des éléments de matrice d'énergie d'interaction, avec des facteurs de couplage convenables, en remplaçant le produit scalaire des deux quadrivecteurs du numérateur de (4) par le produit correspondant des densités tenseur antisymétrique, pseudo-vecteur ou scalaire.

En introduisant pour les leptons, électrons et neutrinos, la variable correspondant au spin isotopique, on peut également écrire, avec des facteurs de couplage convenables, les expressions correspondantes de l'énergie d'interaction mésique des leptons ou des leptons et des nucléons.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Tension d'adhésion et énergie de liaison.* Note de Mme **Lina P. Guastalla** et M. **Jean Guastalla**, transmise par M. Jacques Duclaux.

A. Plongeons verticalement une lame paraffinée dans l'eau tapissée d'un film gras que la plaque prélève en plongeant, et mesurons la force verticale à laquelle la lame est soumise, en vue de déterminer la tension d'adhésion ([1]).

On supposera que le film prélevé empêche le contact des molécules d'eau avec la paraffine, et dans une première approximation on admettra que le travail unitaire de plongée se décompose en deux termes ([2]) :

a. travail contre la tension superficielle $(A - p)$ de l'eau couverte de film (A étant la tension superficielle de l'eau pure, p la pression du film);

b. énergie W libérée par la fixation des chaînes grasses du film à 1^{cm^2} de surface paraffinée.

Si Γ est la tension d'adhésion d'entrée, on aura ici :

$$-\Gamma = A - p - W \qquad \text{ou} \qquad W = \Gamma + A - p.$$

B. Dans une première série de mesures, nous avons plongé la lame paraffinée dans l'eau acidulée (N/100 HCl) couverte d'un film d'*acide oléique*. Nous avons déterminé Γ pour diverses valeurs de p, et nous avons calculé W (énergie de liaison par centimètre carré) et $W_{mol} = W/\delta = W\sigma$ (énergie de liaison d'une molécule du film avec la paraffine; δ est la densité superficielle, $\sigma = 1/\delta$ est l'aire moléculaire). Nous avons supposé en première approximation que l'aire moléculaire du film prélevé sur la lame était identique à l'aire moléculaire sur l'eau.

Résultat inattendu, l'énergie de liaison *par centimètre carré* W paraissait sensiblement constante (voisine de 43 ergs), alors que l'énergie de liaison par

([1]) J. et L. Guastalla, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2054.

([2]) Après correction de la poussée d'Archimède.

molécule W_{mol} diminuait lorsque la pression de prélèvement augmentait (22 à 14.10^{-14} ergs).

C. En vue de serrer le problème, nous avons effectué des mesures analogues en prélevant des films d'*acide myristique*. On sait que l'isotherme du film d'acide myristique présente une discontinuité très nette (passage de l'état *liquide condensé* à l'état *liquide dispersé*, vers 13 dynes/cm vers 19°C (*fig.* 1, A). De plus, nous avons déterminé expérimentalement le taux de prélèvement du film sur la lame paraffinée, pour diverses pressions.

a. Tension d'adhésion Γ *en fonction de p.* — Elle présente une discontinuité très nette (*fig.* 2).

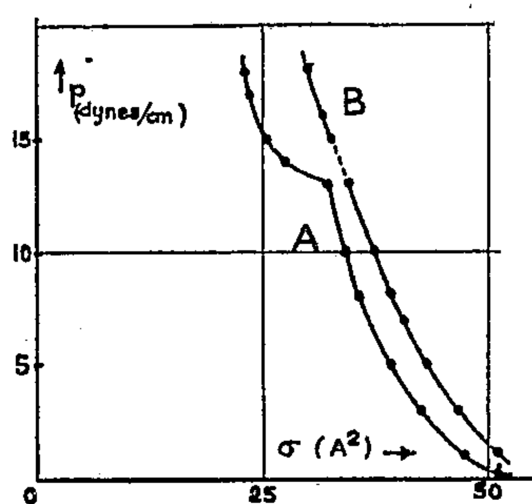


Fig. 1.

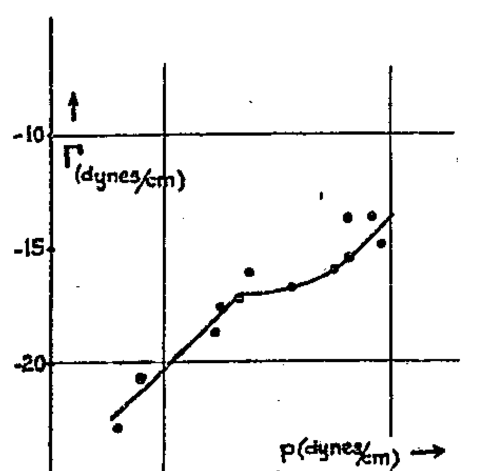


Fig. 2.

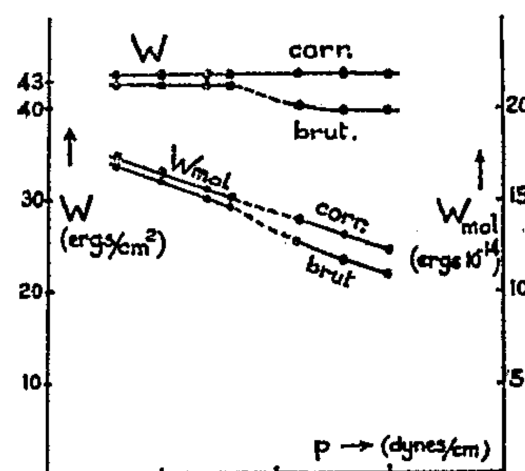


Fig. 3.

b. Taux de prélèvement. — Le taux de prélèvement *en densité* τ est de 90-96 % quand le film est dans l'état *liquide dispersé*, il tombe à 70-80 % dans l'état *liquide condensé*. C'est dire que le film *se détend*, plus ou moins selon son état, lors du prélèvement.

c. Isotherme du film sur la lame. — Portons les pressions de prélèvement p en fonction des aires moléculaires réelles du film *sur la lame* ($\sigma_l = \sigma/\tau$) (*fig.* 1, B). Les discontinuités se compensent, *l'isotherme du film sur la lame est continue.*

d. Calcul des énergies de liaison. — On a calculé $W = \Gamma + A - p$, et W_{mol} en multipliant W par l'aire moléculaire réelle σ_l du film sur la lame. Les deux grandeurs sont discontinues en fonction de p.

Toutefois une correction paraît nécessaire. On recueille lors du prélèvement l'*énergie de détente* du film, dont l'aire moléculaire passe de σ à σ_l. Cette énergie est englobée dans la tension d'adhésion. Elle est égale, par molécule, à $p(\sigma_l - \sigma)$, et par centimètre carré à $p(\sigma_l - \sigma)/\sigma_l$ ou $p(1 - \tau)$.

Compte tenu de cette correction, l'énergie de liaison par centimètre carré devient :

$$W = \Gamma + A - p\tau;$$

l'énergie de liaison par molécule devient :

$$W_{mol} = (\Gamma + A)\sigma_l - p\sigma.$$

On constate alors que ces énergies corrigées sont continues en fonction de p. L'énergie par centimètre carré est pratiquement constante et voisine de 43 ergs (*fig.* 3).

La constance de W, alors que W_{mol} varie, s'expliquerait peut-être par une densité constante de chaînons paraffiniques sur la lame (repliements de chaînes).

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Quelques propriétés des couches monomoléculaires d'hémoglobine.* Note de Mme **Jacqueline Michel** et Mlle **Nicole Benhamou**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Produit utilisé : oxyhémoglobine humaine préparée à partir de sang B conservé ([1]).

Appareils de mesure : Manomètre superficiel à suspension pendulaire (utilisé par Mlle Benhamou); sensibilité : déplacement de spot de 1^{mm} pour 0,02 dyne/cm. Micromanomètre à fil tendu (utilisé par Mme Michel); sensibilité : déplacement de spot de 1^{mm} pour 0,001 dyne/cm ([2]).

Étalement des films : à la micropipette, à partir de solutions très diluées (à quelques dix-millièmes); la dilution est faite au dernier moment; on incorpore immédiatement avant l'usage une trace d'alcool amylique destiné à faciliter l'étalement ([3]). Les résultats paraissent plus réguliers si les solutions sont légèrement tamponnées (phosphates M/45, pH 7,3). Afin d'éviter la formation de films B instables ([4]), les films sont étalés dans l'état gazeux, ce qui oblige à comprimer le film, pour atteindre des pressions de quelques dynes/cm, au 1/20e ou au 1/30e de son aire d'étalement.

Résultats. — A. *Films étalés sur tampons dilués* (phosphates M/45, pH 7,3).

La courbe de l'état gazeux a été établie par points (*fig.* 1, A).

Le domaine de l'état gazeux correspond à des pressions extrêmement faibles (0 à 0,006 dynes/cm) et à des concentrations superficielles de zéro à 0,15 mg/m² environ. Le calcul de la masse moléculaire (par la relation $pS = RT$) a conduit à des valeurs de 70 000-80 000, ce qui, aux erreurs d'expérience près, relativement importantes en raison de la petitesse des pressions mesurées, paraît correspondre à une molécule d'oxyhémoglobine entière.

La concentration superficielle correspondant à une pression de 1 dyne/cm

([1]) La plupart des échantillons ont été préparés par M. H. Chalopin et Mme H. Colson-Guastalla. Pour la technique de préparation, *cf.* H. Chalopin et H. Colson-Guastalla, *Bull. Soc. Ch. Biol.* (à paraître).

([2]) J. Guastalla, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 993 et **208**, 1939, p. 973.

([3]) *Cf.* D. Dervichian, *J. Ch. Phys.*, **37**, 1940, p. 110.

([4]) *Cf.* J. Guastalla, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1078, et M. Joly, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 975.

(partie inférieure de la courbe des *hautes pressions*) est d'environ 1,1-1,3 mg/m² (*fig.* 2, A) ([5]).

Entre la courbe de l'état gazeux et la courbe des hautes pressions se place un *tronçon intermédiaire* très aplati, *qu'il ne faut pas confondre avec la courbe d'état gazeux* ([6]).

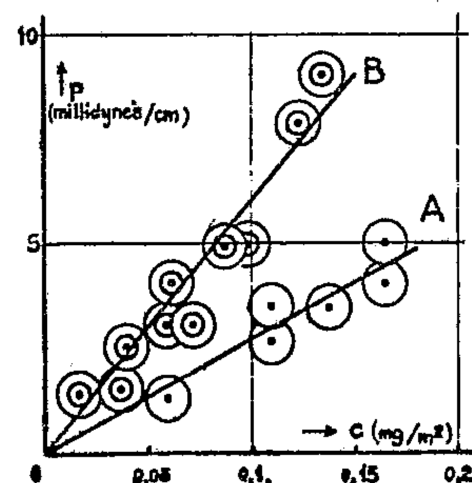


Fig. 1.

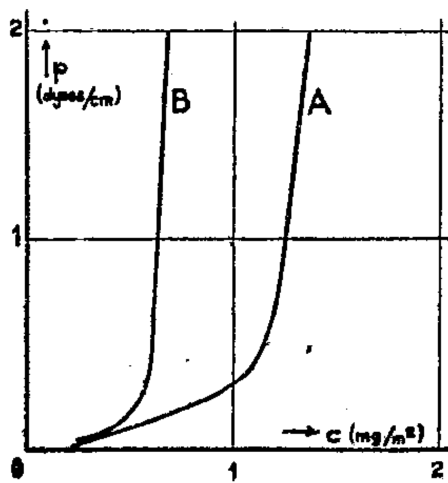


Fig. 2.

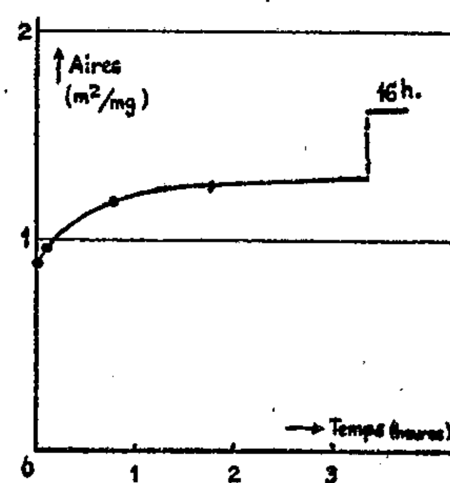


Fig. 3.

B. *Films étalés sur tampons salés* (phosphates M/45, pH 7-7,3, additionnés de NaCl, 30 g/l).

L'étude de l'état gazeux conduit à une masse moléculaire (35 000-40 000) qui paraît correspondre à une molécule *scindée en deux fragments* (*fig.* 1, B).

Parallèlement, la concentration correspondant à une pression de 1 dyne/cm passe à 0,6-0,7 mg/m² (*fig.* 2, B).

La rupture de la molécule en présence de NaCl se fait probablement en surface. L'étalement d'une solution fraîche d'oxyhémoglobine dans le tampon dilué salé, *sur support non salé*, ne montre pas de scission notable.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux de Dognon et Gougerot, qui ont signalé ([7]) que des solutions salées d'hémoglobine moussaient fortement alors que les solutions non salées moussent extrêmement peu.

C. La technique superficielle a été utilisée en vue de suivre l'évolution d'une solution d'oxyhémoglobine mise en présence d'un agent dit *dénaturant*. La figure 3 représente, en fonction du temps, les aires sous 1 dyne/cm d'une série de films étalés, sur tampons phosphates M/45, pH 7,3, à partir d'une solution d'oxyhémoglobine contenant 1 % de dioxane et maintenue à 20°C, à différents instants de son évolution. Parallèlement, on observait une décoloration de la solution.

([5]) *Cf.* Thèse de L. Gougerot, Paris, 1947.

([6]) Certains auteurs ont cru atteindre l'état gazeux des films d'Hb, alors que la sensibilité de leurs appareils ne pouvait leur permettre de dépasser le *tronçon intermédiaire*.

([7]) *C. R. Soc. Biol.* (à paraître).

MAGNÉTISME. — *Antiferromagnétisme du protoxyde de nickel.* Note (*) de M. **Marc Foëx** et Mlle **Charlotte Henry la Blanchetais**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous (¹) a montré que les protoxydes de certains métaux de transition du groupe du fer (MnO, FeO, CoO, NiO) présentent une anomalie de dilatation. Or, les trois premiers de ces oxydes sont des antiferromagnétiques (²); nous avons donc, par analogie, cherché à mettre en évidence le phénomène d'antiferromagnétisme dans le cas de NiO. Des études partielles antérieures (²), (³), (⁴) n'avaient pas permis de conclure à ce sujet.

Les échantillons étudiés ont été préparés par calcination à l'air de nitrate de nickel très pur, renfermant moins de 1.10^{-4} de fer et de $0{,}5.10^{-4}$ de cobalt. Nous avons, tout d'abord, effectué une série de calcinations à différentes températures et contrôlé chimiquement et magnétiquement les oxydes ainsi obtenus.

Température de calcination du nitrate (°C) (durée 1h).	Composition en NiO %.		Susceptibilité magnétique $\chi.10^6$.			Température des mesures magnétiques (°C).
		H_e = 2200 Oe.	H_e = 4350 Oe.	H_e = 6350 Oe.	H_e = 7800 Oe.	
505...	98,35 (Excès d'oxygène)	11,19	10,61	10,31	10,10	16,8
600...	99,33 (Excès d'oxygène)	9,37	9,08	9,16	9,09	17,4
692...	99,64 (Excès d'oxygène)	8,93	8,95	8,95	8,94	17,0
790...	99,86 (Excès d'oxygène)	8,91	8,76	8,79	8,73	17,0
882...	99,96 (Excès d'oxygène)	9,00	8,84	8,85	8,78	19,0
980...	≠ 100	8,98	8,88	8,83	8,77	18,8
1 100...	≠ 100	8,94	8,80	8,79	8,73	18,6
1 200...	≠ 100	8,98	8,88	8,87	8,80	18,5
1 400...	≠ 100	9,18	8,87	8,85	8,81	16,0

D'après le tableau ci-dessus, on voit que :

1° les produits préparés à des températures inférieures à 800° C sont peroxydés, l'excès d'oxygène pouvant être dosé par analyse chimique. A température ordinaire, la susceptibilité magnétique et la sensibilité au champ sont d'autant plus fortes que le produit est plus oxygéné;

2° les oxydes préparés entre 800 et 1 200° C ont sensiblement la composition stœchiométrique NiO. Leur susceptibilité magnétique, à température ordinaire, est pratiquement la même et leur sensibilité au champ relativement faible;

(*) Séance du 9 mai 1949.

(¹) M. Foëx, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 193.

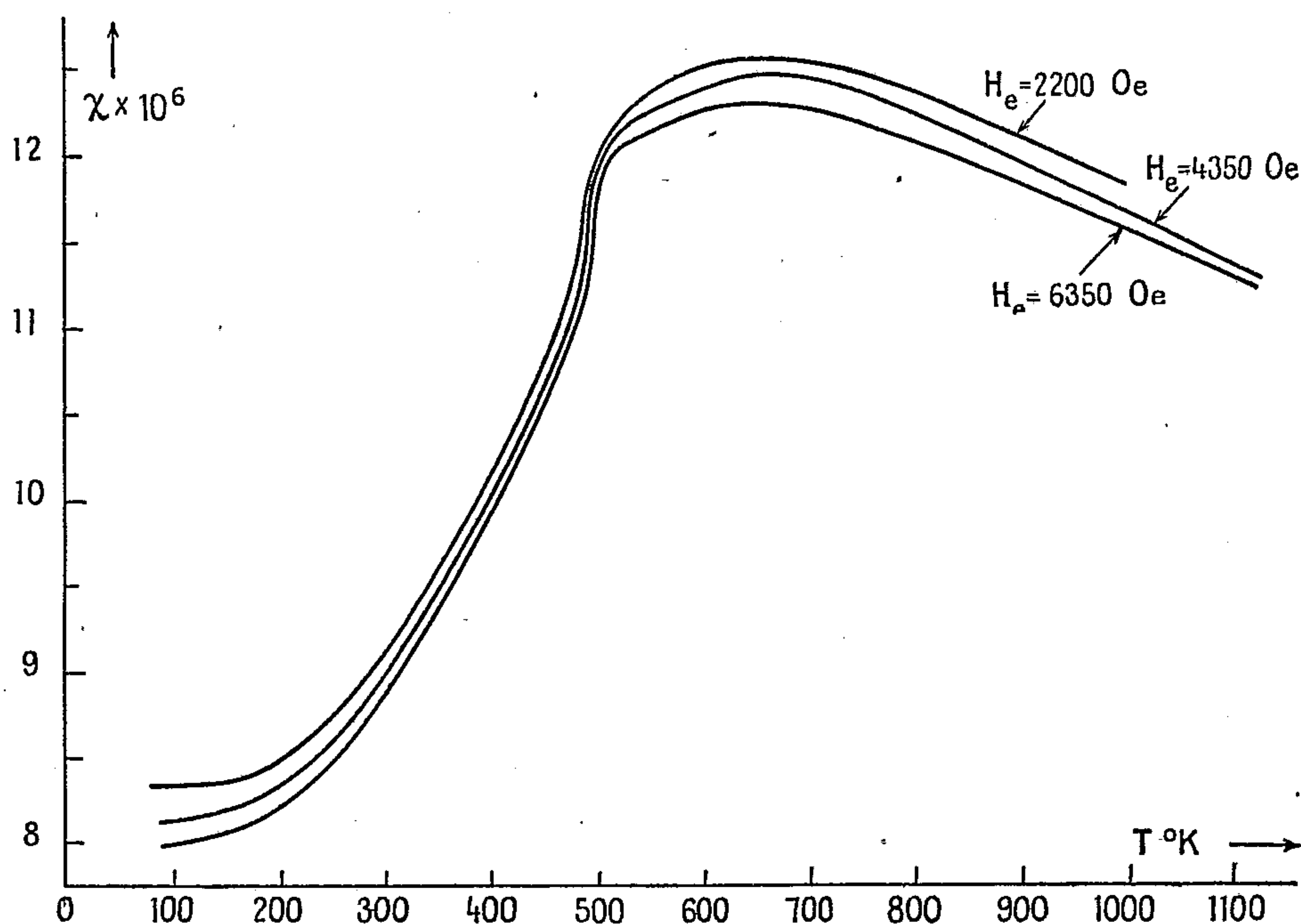
(²) H. Bizette, *Annales de Physique*, 12e série, **1**, 1946, p. 295 (voir bibliographie).

(³) W. Klemm et K. Hass, *Zeits. anorg. chem.*, **219**, 1934, p. 82.

(⁴) D. P. Roychoudhury et A. K. Bose, *Science and Culture*, **3**, 1937, p. 118.

3° pour des températures de calcination supérieures à 1 200° C, de faibles traces de nickel libre, non dosables chimiquement, apparaissent. Elles sont décelées par l'étude thermomagnétique (présence du point de Curie du nickel à 360° C). Corrélativement, la sensibilité au champ des échantillons augmente légèrement.

Nous avons étudié le comportement magnétique de l'oxyde préparé à 980° C, dans divers champs, en fonction de la température. La composition du produit ne varie pas de façon appréciable au cours de ces mesures.



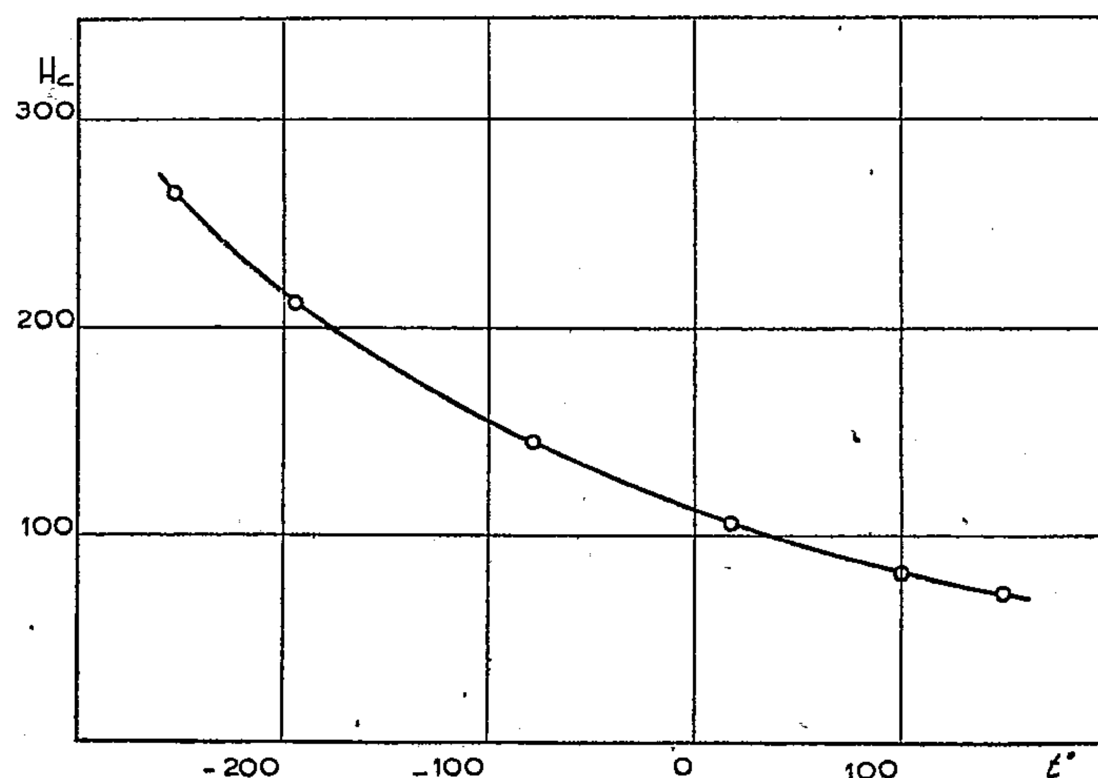
Comme on le voit sur la figure ci-dessus, la susceptibilité magnétique χ croît d'abord lentement puis de plus en plus rapidement avec la température, passe par un maximum très étalé et décroît ensuite. La température du maximum paraît indépendante du champ et est voisine de 647° K (374° C), cependant que la température du point d'inflexion des courbes $\chi = f(T)$ varie légèrement avec le champ et passe de 492° K (219° C), pour 2 200 Oe, à 506° K (233° C) pour 7 800 Oe. Rappelons que l'anomalie de dilatation se situe au voisinage de 523° K (250° C).

Ce comportement est tout à fait caractéristique du phénomène d'antiferromagnétisme. A haute température, l'oxyde de nickel tend vers l'état paramagnétique, mais nos essais n'ont pu être effectués à des températures suffisamment élevées pour nous permettre de vérifier, au delà du maximum de χ, la loi de Curie-Weiss.

MAGNÉTISME. — *Variation du champ coercitif du nickel réduit entre* — 253° C *et* 150° C. Note de M. **Louis Weil**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le champ coercitif des poudres ferromagnétiques très fines est dû, selon la théorie de M. Néel ([1]), ([2]), à deux causes. D'une part l'anisotropie de forme des grains donne naissance à un champ coercitif H_c^f, proportionnel à l'aimantation à saturation $\mathcal{J}$, d'autre part l'anisotropie magnétique de la substance donne naissance à un champ coercitif H_c^m proportionnel à $K/\mathcal{J}$, K étant la constante d'anisotropie.

Pour le nickel, l'anisotropie magnétique est nulle vers 150° C. Au voisinage de cette température, le champ coercitif est donc dû uniquement à la forme des grains et permet de se faire une idée de H_c^f; si aucune autre cause n'intervenait, H_c croîtrait comme $\mathcal{J}$, c'est-à-dire de 17 %, si l'on descendait jusqu'au zéro absolu. Mais au fur et à mesure de la décroissance de la température, K croît, passant ([4]) de 6.10^4 ergs/cm³ à 0° C, à 58.10^4, à — 194° C et à 73.10^4 à — 253° C. Aussi le champ coercitif du nickel en poudre fine agglomérée croît-il considérablement lorsque l'on abaisse la température ([3]).



Lorsque $K/\mathcal{J}$ est assez grand, on peut s'attendre à voir la contribution de l'anisotropie de forme au champ coercitif devenir négligeable, c'est-à-dire à observer, pour des températures différentes, des valeurs de H_c sensiblement proportionnelles aux valeurs de $K/\mathcal{J}$ correspondantes.

Pour vérifier ce point, nous avons repris, jusqu'à la température de l'hydrogène liquide, les expériences sur un aggloméré de nickel que nous n'avions pu

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1488.
(2) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1550.

suivre jusqu'ici au delà de l'air liquide ([3]). Nous avons effectué les mesures avec l'appareil antérieurement décrit. L'hydrogène liquide utilisé provient du liquéfacteur que nous venons de construire en collaboration avec M. Lacaze et qui fera l'objet d'une publication ultérieure. Le nickel réduit à partir de l'oxalate a été comprimé à 5 t/cm².

La figure ci-dessus donne la courbe de variation de H_c pour l'échantillon étudié. Le rapport des valeurs de H_c à l'air liquide et à l'hydrogène liquide (o,8) diffère peu du rapport des valeurs de $K/\mathcal{J}$ (o,79) déduites des observations de Polley ([4]).

OPTIQUE. — *Sur l'analogie entre les luminosités d'ondes de choc dans l'argon et les luminosités émises par les lampes à gaz rares sous pression.* Note de M. **Henri Muraour**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Il y a plus de dix ans nous avons, M. Michel-Lévy et moi-même, montré la possibilité d'obtenir par rencontre d'ondes de choc dans l'argon des éclairs extrêmement brefs et d'une très grande intensité lumineuse. Une luminosité au moins aussi intense avait été obtenue avec le krypton, le néon donnant une luminosité plus faible et l'hélium une luminosité plus faible encore.

Une étude exécutée en collaboration avec E. Vassy ([1]) a montré que la répartition de l'énergie dans le spectre *argon* est voisine de celle d'un corps noir porté à 35 ooo°, le spectre se prolongeant dans l'ultraviolet jusqu'à l'absorption par la gélatine de la plaque. Récemment, différentes études ont été éxécutées en vue d'obtenir des spectres continus intenses par décharges électriques dans des gaz rares sous pression. MM. Weniger et Herman ([2]) ont opéré dans le krypton sous une pression de 15^{atm}. Le spectre enregistré correspond approximativement à celui d'un corps noir porté à 7200°. Paul Schulz ([3]) a opéré avec le xénon sous une pression de 40^{atm}; sa plus plus grosse lampe est alimentée par un courant de 3o ampères sous 3o volts (surface lumineuse environ 8$^{\text{mm}^2}$). Le spectre continu s'étend dans l'ultraviolet au delà de 2 5oo Å. Le maximum s'observe à o$^{\mu}$,55, ce qui correspond à un corps noir porté à 5 2oo°. L'auteur note qu'en ce qui concerne le spectre continu, les gaz rares se placent au point de vue du rendement dans l'ordre suivant : néon, argon, krypton, xénon, le meilleur rendement étant obtenu avec le gaz le plus lourd. On ne peut qu'être frappé par l'analogie qui existe entre les phénomènes observés avec les

---

([3]) L. Weil et S. Marfoure, *J. de Phys.*, 8, 1947, p. 359.

([4]) R. Becker et W. Döring, *Ferromagnetismus*, 1939, p. 125.

([1]) *Revue d'Optique*, 20, 1941, p. 149; *voir* également *Cahiers de Phys.*, nos 29 et 30, 1947, p. 51.

([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1217.

([3]) *Zeits. Naturforsch.*, 2 *a*, 1947, p. 583.

rencontres d'ondes de choc dans les gaz rares et les phénomènes observés avec les lampes sous pression. Au point de vue de l'intensité lumineuse, les gaz rares se placent dans le même ordre. Dans les deux cas on obtient un spectre continu intense se prolongeant très loin dans l'ultraviolet. La répartition énergétique correspond, il est vrai, au corps noir à 35 000° K dans le cas des ondes de choc et au corps noir à 7 200° ou à 5 200° dans le cas des lampes sous pression. Mais on peut se demander si en augmentant la pression et l'énergie dépensée on ne pourrait pas obtenir avec les lampes un spectre identique à celui obtenu avec les ondes de choc.

Notons un point particulièrement intéressant : Schulz a enregistré dans l'infrarouge un spectre intense de ligne. Or, nous avons autrefois avec M. Michel-Lévy, photographié la rencontre des ondes de choc dans l'argon en lumière infrarouge (écran absorbant le visible et plaque spéciale). Malgré le temps d'exposition extrêmement court, de l'ordre de 4 millionièmes de seconde, la plaque était fortement impressionnée, ce qui indiquait une forte émission dans cette région du spectre. Les événements nous ont empêchés, M. Michel-Lévy et moi-même, d'enregistrer le spectre infrarouge des luminosités dans l'argon. Cette étude présenterait, sans nul doute, un grand intérêt.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité de l'atmosphère.* Note (*) de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

En juillet 1946, au cours de vols à 6000^m d'altitude, organisés avec le concours de l'État-Major et de l'École d'Avord, un corps radioactif inconnu, de période 25 heures, a été décelé dans l'atmosphère, à la chambre d'ionisation.

Pendant l'année 1947, on a recherché si ce corps pouvait être décelé à l'air libre, au sommet d'une montagne (Puy de Dôme, 1500^m). Plus de cent mesures ont été faites : aucune n'a donné de résultat positif net.

Au début de l'année 1948, une nouvelle chambre d'onisation, plus précise que les précédentes, a été mise au point. C'est avec elle qu'une autre série de recherches en vol a été entreprise en juillet et août 1948, sur ce même sujet. L'État-Major général de l'Armée de l'Air a pris en main l'organisation aérienne des recherches : des moyens importants ont été mis en œuvre à la 21e escadre de bombardement lourd de Bordeaux-Mérignac. Quinze ascensions à plus de 8000^m ont été effectuées de jour et de nuit et par tout temps, suivant le programme établi, sans le moindre incident. Le corps radioactif de période 25 heures a été à nouveau décelé au cours de ces vols.

Résultats. — Les teneurs de l'atmosphère en corps radioactif inconnu de période 25 heures, appelé A, sont exprimées par l'équivalent en curie de radon par centimètre cube de volume d'atmosphère libre, déduit des mesures.

(*) Séance du 2 mai 1949.

Cet équivalent représente la teneur en radon qui produirait les mêmes effets sur la chambre d'ionisation, que ceux observés. L'ensemble des mesures laisse entrevoir que le corps A serait complexe : la période observée serait, dans ce cas, une période *apparente*. La précision d'appréciation de cette période est de l'ordre de $\pm 20\%$. Des anomalies à la limite de précision des mesures paraissent mettre en évidence l'existence d'un corps radioactif de période quelques heures, appelé A'.

			Teneur de l'atmosphère (curie/cm³).	
Nos des vols.	Date.	Altitude.	Corps A.	Corps A'.
1 à 13......	1 à 18/7/46	2 à 6000 m	Non decelé.	Non decelé.
14.......	20/7/46	6000 m	$1,5.10^{-18}$	Traces probables.
17.......	25 »	5500	0,4 »	0
22.......	1/8/46	6000	2,0 »	0
2.......	5/7/48	7300	0,012 »	0
4.......	9 »	7700	0,005 »	0
5.......	12 »	8000	0,000 »	Traces probables.
7.......	20 »	8000	0,013 »	0
8.......	26 »	400	0,002 (?)	0
11.......	3/8/48	8000	0,006 »	0
13.......	11 »	7300	0,000 »	0
15.......	16 »	8700	0,02 »	0

Conclusions. — L'hypothèse que le corps A (et éventuellement A') proviendrait des explosions de bombes atomiques est soutenable : la valeur maxima de la teneur en corps A, mesurée en 1948 est, en effet, très inférieure à la valeur maxima mesurée en 1946; 30 jours après l'explosion de Bikini du 1er juillet (¹). Mais cette explosion n'étant pas unique, on ne peut faire aucune déduction satisfaisante quant aux caractéristiques des ascendants du corps A qui ne sont pas decelés directement.

L'accroissement de la teneur en corps A avec l'altitude est encore un argument favorable à l'hypothèse ci-dessus. En effet, l'explosion aérienne de bombe atomique donne un nuage radioactif qui s'élève et se propage dans les hautes altitudes au gré des courants aériens, tandis que la fraction de ce nuage qui diffuse vers les basses altitudes est lavée par les précipitations atmosphériques.

Malheureusement, ce dernier argument est aussi favorable à un autre genre d'hypothèse : le corps A (et éventuellement A') proviendrait de la matière météorique ou bien prendrait naissance par l'action des rayons cosmiques sur les constituants de la haute atmosphère.

(¹) Une fatigue générale, suivie d'accidents organiques graves, résultant des ascensions en avion, en 1946, effectuées sans inhalateur, et des voyages successifs au sommet du Puy de Dôme, ne m'a pas permis de faire d'autres mesures entre le 1er août 1946 et le début de l'année 1947. Encore, à cette époque, seules des mesures au sol ont été faites.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des solutions de germanochloroforme au moyen de l'effet Raman. Conditions de formation et étude du spectre de l'ion* $[GeCl_3]^-$. Note de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons dans une précédente Note décrit le spectre Raman de $GeHCl_3$ anhydre (¹). Ce spectre, tout à fait analogue à celui de $SiHCl_3$, démontre l'existence pour la molécule anhydre d'une liaison covalente Ge-H.

Nous avons soumis le germanochloroforme anhydre à l'action de divers solvants.

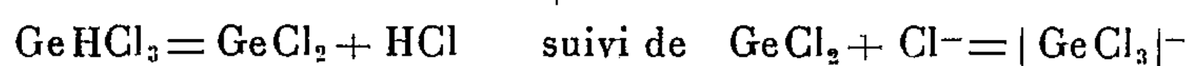
Trois types de solvants à considérer :

a. Solvant non ionisant comme le chloroforme. — Aucune altération dans le spectre du germanochloroforme n'est observée lors de la mise en solution dans le chloroforme. Ce solvant n'altère donc pas la molécule $GeHCl_3$.

b. Solvant ionisant : solution concentrée d'acide chlorhydrique dans l'eau. — L'eau pure détruit le germanochloroforme avec précipitation d'hydrate germaneux. Pour empêcher cette destruction, nous avons utilisé une solution concentrée d'acide chlorhydrique (environ 10 mol/l). Le germanochloroforme est alors bien soluble. Il subit cependant, au moins partiellement, au moment de cette dissolution une décomposition donnant du gaz chlorhydrique qui se redissout ultérieurement si l'on opère dans une cloche à gaz.

Le spectre de la liqueur obtenue diffère profondément de celui de $GeHCl_3$ anhydre : il est constitué alors par quatre raies larges dont deux sont polarisées ; il est analogue à celui de molécules tétraédriques comme PCl_3, $AsCl_3$ ..., et doit donc être attribué à l'ion $[GeCl_3]^-$. Il est d'ailleurs tout à fait comparable à celui de l'ion $[SnCl_3]^-$ obtenu par dissolution de $SnCl_2$ dans des solutions riches en ions Cl^- (²).

Le mécanisme de la formation de cet ion peut être :



$$GeHCl_3 = GeCl_2 + HCl \qquad \text{suivi de} \qquad GeCl_2 + Cl^- = [GeCl_3]^-$$

ou bien



$$GeCl_3H = [GeCl_3]^- + H^+.$$

Il est possible que ces deux modes de réactions interviennent tous deux. Le premier est mis en évidence par le dégagement très apparent de gaz chlorhydrique lors de la dissolution.

D'autre part, Volkringer et ses collaborateurs (³) obtiennent le même spectre en dissolvant $GeCl_2$ dans HCl. Ces auteurs constatant l'absence d'une

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1007.
(²) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 65.
(³) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 292.

raie Ge-H, considèrent également que la molécule $GeHCl_3$ est dissociée. Toutefois, l'état de dépolarisation des raies n'avait pas été étudié.

Il y a cependant lieu de formuler deux critiques au sujet de leur exposé. La première est qu'ils estiment devoir observer cinq fréquences et pensent qu'une cinquième raie faible leur échappe alors qu'un édifice ACl_3 ne doit présenter effectivement que quatre fréquences. La deuxième est que le spectre obtenu ne doit pas être, comparé comme ils le font, aux spectres de $CHCl_3$ et de $SiHCl_3$. La comparaison des spectres de PCl_3 et de $POCl_3$ (4) et d'autres exemples du même genre a montré l'évolution produite dans le spectre Raman d'un édifice AX_3 par l'apport d'un atome Y plus léger que X. Les fréquences de déformation δ_{12} et δ_3 de AX_3 se retrouvent à peu près inchangées dans le spectre de AX_3Y. Mais les fréquences de valence ν_1 et ν_{23} sont différentes dans les deux édifices. L'apport de l'atome Y ajoute deux fréquences nouvelles : une fréquence de valence ν_4 et une fréquence de déformation δ_{45}. C'est bien ce qu'on observe si l'on compare les spectres de $[GeCl_3]^-$ et de $GeHCl_3$.

c. *Solution dans les alcools éthylique, amylique et octylique.* — $GeHCl_3$ est très soluble dans tous les alcools et sa dissolution ne s'accompagne d'aucun dégagement gazeux. Dans les spectres des solutions dans ces trois alcools, on observe la superposition des spectres de $GeHCl_3$ et de $[GeCl_3]^-$. Les proportions respectives de $[GeCl_3]^-$ et de $GeHCl_3$ varient régulièrement avec la nature de l'alcool; dans l'alcool éthylique il y a très peu de $GeHCl_3$. Il existe au contraire très peu d'ions $[GeCl_3]^-$ dans l'alcool octylique.

L'absence complète de dégagement gazeux lors de la dissolution nous amène à penser que la réaction à considérer doit être $GeCl_3H \rightleftharpoons [GeCl_3]^- + H^+$.

Nous avons déjà constaté par exemple en étudiant des solutions d'iodure de cadmium dans la série des alcools (5) que le milieu est de moins en moins ionisant au fur et à mesure que la chaîne carbonée s'allonge. La molécule $GeHCl_3$ existe donc à l'état anhydre et dans les milieux non ionisants. Elle est susceptible de se dissocier complètement ou partiellement dans des milieux plus ou moins ionisants et il se forme alors l'ion $[GeCl_3]^-$.

Fréquences en cm^{-1}. — *Modes de vibration.*

	$\delta_{1,2}$.	δ_3.	ν_1.	$\nu_{2,3}$.	$\delta_{4,5}$.	ν_4.
$GeHCl_3$......	149 (dépol)	181 (pol)	409 (pol)	438 (dépol)	699 (dépol)	2159 (pol)
$[GeCl_3]^-$.....	139 (dépol)	162 (pol)	253 (dépol)	320 (pol)		
	$\delta_{1,2}$.	δ_3.	$\nu_{2,3}$.	ν_1.		
$AsCl_3$........	158 (dépol)	195 (pol)	370 (dépol)	405 (pol)		
$[SnCl_3]^-$.....	120 (bande large)		220 (dépol)	278 (pol)		

(4) Cabannes et Rousset, *Annales de Physique*, 19, 1933, p. 229.

(5) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 184.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination du nombre de molécules grasses adsorbées par un métal au cours de la lubrification.* Note (*) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Jean Brigonnet**, présentée par M. Albert Poitevin.

Dans des recherches antérieures, l'un de nous a montré que, lorsqu'on fait écouler une huile de graissage sur un grand nombre de billes d'acier soigneusement nettoyées, certaines molécules sont sélectivement adsorbées par le métal. En opérant sur de l'huile de vaseline (carbures saturés non polaires) contenant des quantités variables d'acide oléique ou stéarique (molécules polaires), il est possible de montrer, grâce aux variations de tension interfaciale huile-eau, que l'huile qui a été mise en contact avec les billes d'acier est moins riche en acide gras que l'huile neuve ([1]).

Connaissant la concentration initiale en acide gras ainsi que le nombre et le diamètre des billes d'acier, il est alors aisé de calculer le nombre de molécules d'acide adsorbées et l'épaisseur de la couche d'adsorption.

Nous avons cherché à étudier l'influence de la durée de contact du mélange huile de vaseline-acide gras sur le nombre de molécules adsorbées. Dans ce but, on dispose 1 280 billes d'acier, très soignensement nettoyées et calibrées (diamètre $3^{mm},175$) dans un tube de verre vertical et l'on verse une quantité connue d'huile à la partie supérieure, cette huile ayant une concentration déterminée en acide oléique (1/6 000). On peut recueillir l'huile à la partie inférieure après un temps de contact variable (*fig.* 1).

L'huile neuve et l'huile ayant passé sur les billes sont alors examinées par la méthode de variation de tension interfaciale huile-eau ([1]), qui est un critérium extrêmement sensible de la teneur en molécules polaires. Le tensiomètre interfacial enregistreur fournit alors deux courbes relatives à ces deux huiles. En se reportant aux résultats précédemment établis, l'examen de ces courbes nous donne la concentration en acide gras pour l'huile après filtration sur les billes; on en déduit le nombre de molécules adsorbées. En adoptant pour la longueur de la molécule d'acide oléique la valeur 23 Å et connaissant la surface totale des billes d'acier, on en déduit l'épaisseur de la couche adsorbée et le nombre de couches formées.

Les résultats obtenus à la température de 18° et pour des temps de contact variables sont consignés dans le tableau suivant :

(*) Séance du 9 mai 1949.

([1]) J.-J. Trillat et R. Vaillé, *J. Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 742; J.-J. Trillat et A. Aubry, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 427; R. Mérigoux et M. Aubry, *J. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 221; J.-J. Trillat et J. Brigonnet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 803; J.-J. Trillat, *Bull. Assoc. fr. Techn. Pétrole*, n°69, 1948.

Durée de contact.	Épaisseur de la couche adsorbée.	Nombre de couches adsorbées.
1 minute	250 Å	11
30 minutes	390	17
2 heures	480	21
4 »	506	22
8 »	515	22-23

La courbe représentative (*fig.* 2) indique clairement que l'adsorption des molécules d'acide oléique tend vers une limite, au delà de laquelle il n'y a plus adsorption.

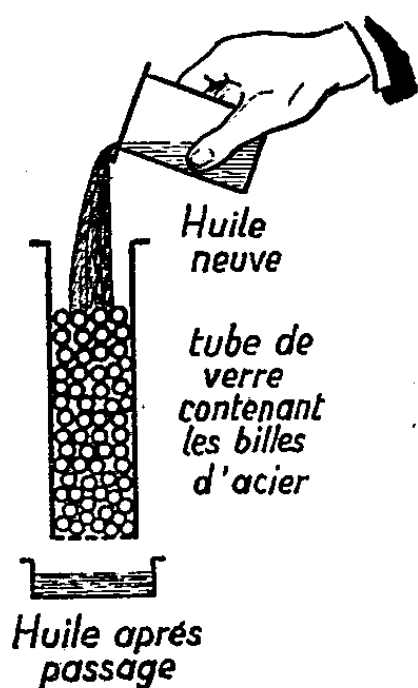


Fig. 1.

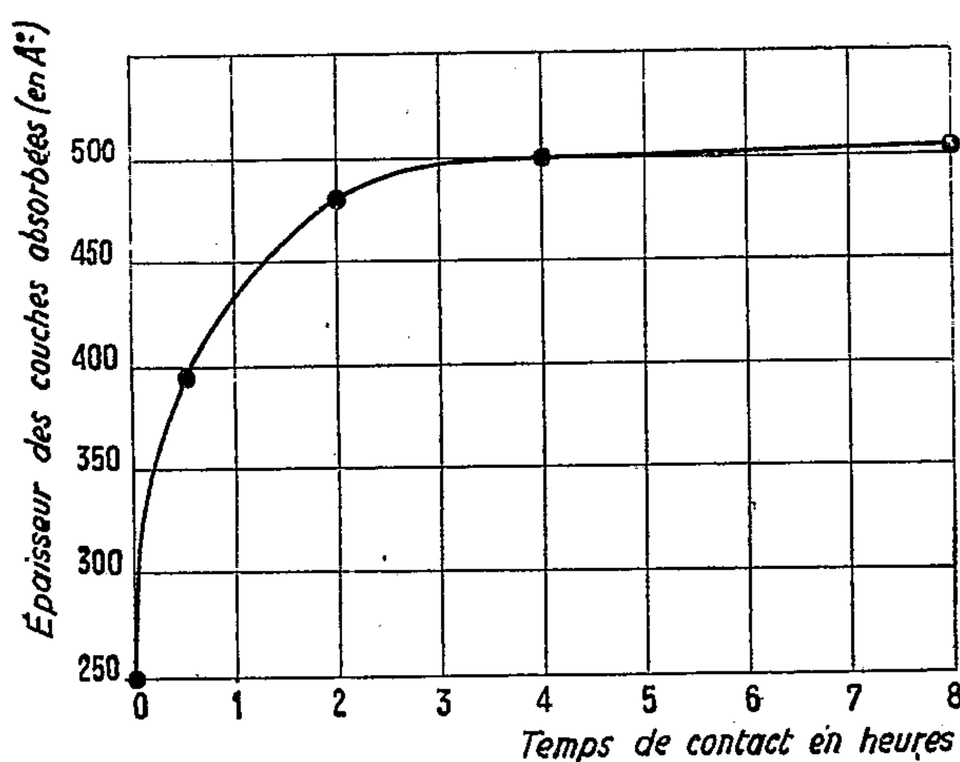


Fig. 2.

Cette méthode permet donc la mesure directe du nombre de molécules polaires adsorbées, ce qui présente une importance en lubrification, puisque ce sont précisément les molécules polaires à longue chaîne qui confèrent à une huile son onctuosité.

Dans un prochain travail, nous étudierons l'influence de la température sur l'adsorption ainsi que l'influence de la structure des molécules *activantes*.

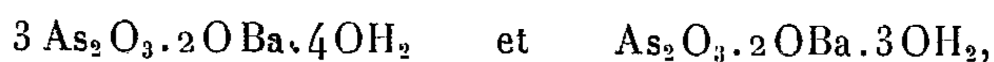
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les arsénites alcalino-terreux. Étude du système* As_2O_3—OBa—OH_2 à 60°. Note (*) de M. **Henri Guérin**, Mlle **Jeannine Masson** et M. **Marc Bassière**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les arsénites alcalino-terreux sont assez peu connus bien que divers travaux leur aient été consacrés. On peut se demander quels sont parmi les sels signalés ceux qui existent réellement et quelle signification exacte il convient d'attribuer

(*) Séance du 9 mai 1949.

aux termes de méta et pyroarsénites employés pour caractériser certains arsénites hydratés. Les propriétés de ces sels sont évidemment non précisées et l'on conçoit, dans ces conditions, que les essais tentés pour utiliser ces composés comme insecticides aient donné des résultats sujets à controverse.

Il nous a donc paru intéressant d'entreprendre sur ces sels une étude comparable à celles qui ont été effectuées par l'un de nous sur les arséniates alcalino-terreux[1]. Nous avons commencé par l'examen du système $As_2O_3-OBa-OH_2$, car si ce système avait déjà été étudié par Le Roy Grandville Story et E. Anderson[2], les conclusions de ces auteurs, qui n'admettaient l'existence que de deux arsénites



$$3\,As_2O_3.2\,OBa.4\,OH_2 \qquad \text{et} \qquad As_2O_3.2\,OBa.3\,OH_2,$$

apparaissaient assez surprenantes.

Nous avons préparé toute une série de solutions en équilibre vers 60° avec diverses phases solides en soumettant à une agitation prolongée, jusqu'à réalisation de l'équilibre, des mélanges en proportions variées d'eau, d'hydroxyde de baryum et d'anhydride arsénieux chimiquement purs.

L'alcalinité de la plupart des solutions résultantes d'une part, la grande oxydabilité des arsénites d'autre part, ont nécessité toutefois quelques précautions spéciales. L'attaque du verre par les solutions alcalines nous a obligés à remplacer les flacons de verre antérieurement utilisés, par des bouteilles en argent ou en nickel; par la suite nous avons employé des bouteilles en rhodolène, qui résistent à l'attaque chimique et supportent généralement bien un séjour prolongé à 60°.

Afin d'éviter la formation d'arséniates, nous avons dû opérer en atmosphère d'azote.

Les teneurs en oxyde de baryum et en anhydride arsénieux de la plupart des solutions en équilibre avec les phases solides étaient trop faibles pour que l'on puit caractériser ces dernières par application de la méthode des restes et déterminer notamment leur état d'hydratation au sein des solutions.

Ces phases solides ont été analysées d'une part immédiatement après un essorage poussé, d'autre part après dessiccation à poids constant en présence d'acide sulfurique.

L'analyse des diverses solutions a, en outre, permis de déterminer le domaine d'existence des arsénites caractérisés, en se basant sur les principes suivants :

1° La composition des solutions en équilibre avec une même phase solide

(1) H. Guérin, *B. S. C.*, 5, 1938, p. 1472; *Ann. Chim.*, 16, (11), 1941, p. 101; *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 1004.

(2) *J. A. C. S.*, 46, 1924, p. 233.

(composé défini ou solution solide) varie entre certaines limites qui déterminent le domaine d'existence du sel.

2° Lorsqu'une même solution est en équilibre avec diverses phases solides de compositions différentes, celles-ci sont constituées par des mélanges.

L'application de ces principes a été, en réalité, rendue ici très délicate, d'abord par le fait que les divers domaines sont très étroits et que les solutions limites ont des compositions très peu différentes les unes des autres, en outre par l'existence de phénomènes de faux équilibres.

Nous avons pu heureusement recouper les résultats obtenus par ceux des examens microscopiques, les arsénites de baryum étant généralement bien cristallisés lorsqu'on ajoute la baryte dans la suspension aqueuse d'anhydride arsénieux portée à 60°.

Étant donné que nos conclusions différaient nettement de celles de Story et Anderson, nous avons jugé nécessaire de les confirmer par un examen aux rayons X des diverses phases caractérisées.

Les résultats relatifs à une centaine d'essais permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° L'examen microscopique, confirmé par les radiogrammes, indique que le *sesquiarsénite de baryum* $3As_2O_3.2OBa.nOH_2$ peut exister sous deux formes cristallines : l'une α en microcristaux stables au contact des solutions les plus riches en As_2O_3; l'autre β se présentant à l'état d'aiguilles enchevêtrées ou de nodules fibreux; son domaine s'étend de : OBa : 0,26 % et As_2O_3 4,7 % à OBa : 0,51 % et As_2O_3 : 0,79 %.

2° L'*arsénite monobarytique* $As_2O_3.OBa.nOH_2$, stable dans un domaine très étroit (OBa : 0,51 % et As_2O_3 : 0,79 % à OBa 0,57 % et As_2O_3 0,68), cristallise en tables rectangulaires, d'extinction légèrement oblique;

3° L'*arsénite sesquibarytique* $2As_2O_3.3OBa.nOH_2$, non signalé jusqu'ici, cristallise en bâtonnets présentant des troncatures et à extinction oblique en présence des solutions de composition; OBa : 0,57 % et As_2O_3 : 0,68 % à OBa : 1.10 % et As_2O_3 0.28 % ;

4° L'*arsénite bibarytique* $As_2O_3.2OBa.nOH_2$, très finement cristallisé, actif sur la lumière polarisée, apparaît comme le sel le plus basique susceptible d'exister à 60°, car même en présence des solutions très riches en baryte (17 %) nous n'avons pas pu caractériser le sel tribarytique.

Étant donné cette constatation, on pouvait se demander si l'arsénite tribarytique isolé par l'un de nous ([3]), en réduisant l'arséniate tribarytique par l'hydrogène, était un corps pur $As_2O_3.3OBa$, ou un mélange équimoléculaire d'arsénite bibarytique et de baryte : $As_2O_3.2OBa + OBa$.

Le radiogramme de ce produit étant nettement distinct de ceux de la baryte

([3]) H. Guérin, *B. S. C.*, 4, 1937, p. 1885.

et de l'arsénite bibarytique anhydres, l'existence de l'*arsénite tribarytique* semble bien établie, et son absence parmi les arsénites caractérisés à 60° est vraisemblablement due à son hydrolyse.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sensibilité du fluorure d'uranium* F_4U *à la vapeur d'eau.* Note de M. **Louis Domange** et Mlle **Monique Wohlhuter**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous nous sommes proposé, en suivant la méthode exposée précédemment par l'un de nous [1], d'étudier l'action de la vapeur d'eau au-dessus de 100° C sur le fluorure d'uranium F_4U. Pour cela on réalise le passage à diverses vitesses d'un courant de vapeur d'eau sur le fluorure. On détermine la composition de la phase vapeur pour chaque vitesse et l'on extrapole pour obtenir cette composition à une vitesse nulle, c'est-à-dire à l'équilibre.

La réaction est la suivante



$$F_4U + 2OH_2 \rightleftharpoons 4FH + UO_2 + Q_p.$$

La loi d'action de masse permet d'écrire

$$K_p = \frac{p^4_{FH}}{p^2_{OH_2}}.$$

L'analyse de la phase vapeur permet de connaître le rapport des volumes d'acide fluorhydrique et de vapeur d'eau et, par suite, des pressions partielles d'acide et de vapeur d'eau

$$\frac{V_{FH}}{V_{OH_2}} = \frac{p_{FH}}{p_{OH_2}} = k.$$

Comme $p_{FH} + p_{OH_2} = 1$, on en déduit

$$K_p = \left(\frac{k^2}{k+1}\right)^2.$$

La décomposition est étudiée de 200 à 500°C. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant où l'on trouve, en fonction de la température, la concentration en acide fluorhydrique de la phase vapeur, la valeur de k et le logarithme de la constante d'équilibre à pression constante $\log K_p$.

t° C.	T° K.	$\frac{1}{T} 10^4$.	FH (%) en volume.	$k = \frac{p_{FH}}{p_{OH_2}}$.	$\log K_p$.
200	473	21,1	1,4	$1,42.10^{-2}$	$-7,400$
250	523	19,1	2	$1,94.10^{-2}$	$-6,866$
300	573	17,4	3,6	$3,52.10^{-2}$	$-5,843$
400	673	14,8	8,5	$9,29.10^{-2}$	$-4,205$
500	773	12,9	16	$20,5\ .10^{-2}$	$-2,916$

(1) L. Domange, *Annales de Chimie*, 11e série, 7, 1937, p. 226.

L'examen des chiffres obtenus montre que le fluorure F_4U se décompose assez facilement quand on le chauffe en présence de vapeur d'eau. Sa sensibilité est à peu près analogue à celle du fluorure de zinc, moindre que celle des fluorures d'argent, de cuivre, de fer, de chrome, plus élevée que celle des fluorures de nickel, de cobalt, de cadmium, de plomb, de manganèse, de magnésium, de calcium et de baryum.

A l'aide des valeurs obtenues pour le logarithme de la constante d'équilibre $\log K_p$ il est possible de calculer la chaleur de réaction à partir de la relation

$$Q_p\text{cal} = (\text{Log}\,K'_p - \text{Log}\,K_p).\frac{TT'}{T-T'}\frac{R}{J}.$$

On trouve, de 300 à 400°C, $Q_p = -28{,}930$ kcal, de 400 à 500°C, $Q_p = -30{,}710$ kcal.

On peut admettre que la chaleur de réaction a pour valeur $Q_p = -30$ kcal. de 300 à 500°C.

A partir de cette chaleur de réaction, on peut obtenir une valeur approchée de la chaleur de formation Q_{F_4U} du fluorure d'uranium.

En effet :

$$Q_{F_4U} = 4\,Q_{FH} + Q_{UO_2} - 2\,Q_{OH_2} - Q_p.$$

Comme

$$\begin{aligned} Q_{FH} &= 64 \text{ kcal. } (^2),\\ Q_{UO_2} &= 270 \text{ » } (^3),\\ Q_{OH_2} &= 58{,}6 \text{ » } (^4),\\ Q_p &= -30 \text{ » }. \end{aligned}$$

On en déduit

$$Q_{F_4U} = 438{,}8 \text{ kcal.} \quad \text{soit } 440 \text{ kcal. environ.}$$

Cette valeur est voisine de celle qu'on trouve dans les publications soit.

$$443 \pm 3 \text{ kcal. } (^3).$$

En résumé, nous avons montré que la vapeur d'eau agit sur F_4U à des températures peu élevées. Nous avons déterminé la chaleur de la réaction, — 30 kcal, et obtenu d'une manière approchée la chaleur de la formation du fluorure F_4U, 440 kcal. environ.

([2]) WARTENBER et FITZNER, *Z. Anorg. Chem.*, **151**, 1926, p. 313; RUFF et LASS, *id.*, **183**, 1929, p. 214.

([3]) *U. S. Atomic Energy Commission* (*The Thermodynamie-Properties and Equilibria at Hight Temperatures of uranium halides, oxides, nitrides and carbides.* M. D. D. C., 1543).

([4]) ROSSINI, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **16**, 1930, p. 694; OSBORNE, STIMSON et FIOCK, *Bur. Stand. J. Research*, **5**, 1930, p. 511.

CHIMIE MINÉRALE. — *Décomposition de l'eau oxygénée par le permanganate de potassium. Effet de la concentration de l'eau oxygénée et du permanganate de potassium.* Note (*) de Mlle **France Fouinat**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente nous avons examiné l'effet du pH sur la vitesse de décomposition de l'eau oxygénée par le permanganate de potassium en maintenant constante la concentration du permanganate et de l'eau oxygénée. Nous allons dans cette Note examiner l'effet de la variation de ces deux concentrations pour une valeur fixe du pH.

La figure 1 donne l'allure générale des courbes de vitesse en fonction du temps si l'on maintient constante la concentration de $KMnO_4$ ($1.15.10^{-4}$ mol/l) et si l'on fait varier la concentration de H_2O_2 entre (0,0173 mol/l et 0,469 mol/l). On voit nettement que la réaction comporte deux parties différentes : au début une montée de vitesse très brusque qui atteint rapidement un maximum, à partir duquel la vitesse décroît plus ou moins vite pour devenir une fonction linéaire du temps, tout au moins pour des concentrations d'eau oxygénée relativement élevées.

En ce qui concerne la première partie, nous indiquerons seulement que sa vitesse augmente sensiblement avec la concentration de permanganate et pour une discussion plus détaillée nous renverrons à une Note ultérieure.

Pour la seconde partie, exception faite du domaine de transition entre les deux mécanismes de réaction tel qu'il apparaît le plus nettement sur la courbe *d*, nous avons pu établir les équations cinétiques.

Deux cas sont à distinguer : A. les concentrations de l'eau oxygénée sont supérieures à 0,053 mol/l; B. les concentrations d'eau oxygénée sont inférieures à 0,045 mol/l. Pour les concentrations intermédiaires les expériences se classent dans A ou B selon la concentration du permanganate qui, dans nos expériences varie entre $0,552\ 10^{-4}$ mol/l et $2,3.10^{-4}$ mol/l. Le domaine du cas B s'étend vers des concentrations d'eau oxygénée d'autant plus élevées que la concentration de $KMnO_4$ est plus élevée.

A. La vitesse de dégagement de l'oxygène peut être représentée par l'équation

$$\frac{dO_2}{dt} = k[KMnO_4]^{\frac{3}{2}}[H_2O_2]^{\frac{1}{2}}[H_2O_2]_0. \quad (1)$$

Il est intéressant de noter que la vitesse de la réaction dépend de la concentration initiale en eau oxygénée $[H_2O_2]_0$. Une telle dépendance a déjà été observée par Letort pour la décomposition de l'acétaldéhyde (1).

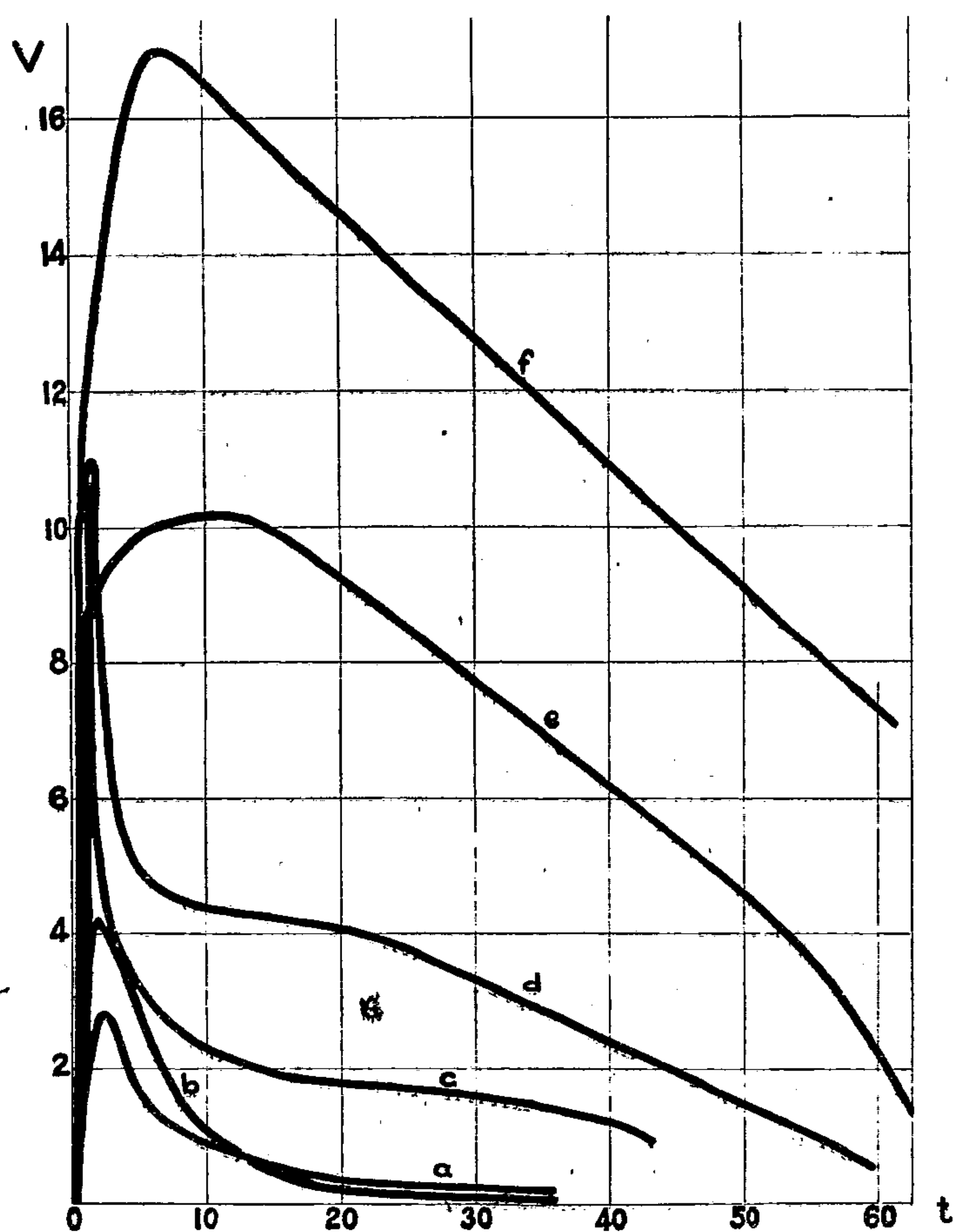
(*) Séance du 9 mai 1949.

(1) *J. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 265.

B. La vitesse de dégagement de l'oxygène est représentée par l'équation

$$(2) \qquad \frac{dO_2}{dt} = K(H_2O_2)^{\frac{3}{2}}[(KMnO_4) - K'].$$

La vitesse de la réaction ne dépend plus de la concentration initiale de l'eau oxygénée.



Concentration de H_2O_2 en mol/l. *a*, 0,0173; *b*, 0,0216; *c*, 0,056; *d*, 0,107; *e*, 0,259; *f*, 0,469.
Concentration $KMnO_4$ en mol/l : 1.15.10⁻⁴ mol/l.
Abscisses : temps en minutes. *Ordonnées :* volume en cm³/minute.

Il est peut-être intéressant de signaler que dans le cas A, la somme des ordres de la concentration initiale et de la concentration momentanée est égale à 3/2, c'est-à-dire à l'ordre de la réaction dans le cas B.

Remarquons pour conclure qu'aucune de ces deux équations ne laisse supposer une réaction purement hétérogène à la surface de MnO_2, contrairement aux hypothèses faites généralement pour représenter la décomposition

de H_2O_2 par $KMnO_4$. Il semble probable que la surface du colloïde est le point de départ de centres actifs qui amorcent une décomposition en chaîne au sein du liquide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mode d'action de l'éthylate de sodium sur le bromo-4 butène-2 oate d'éthyle.* Note (*) de M. **René Rambaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

Une courte Note ([1]) suivie d'un Mémoire plus important ([2]) avaient déjà mentionné la production d'éthoxy-2 cyclopropane carboxylate d'éthyle par action de l'éthylate de sodium sur le bromo-4 butène-2 oate d'éthyle. L'attention y avait été attirée sur le rendement faible (25 %) de l'opération dont le résultat majeur semblait rester la production de liquides denses, peu volatils, paraissant incapables de fournir, par rectification, la moindre fraction pure.

Le traitement d'une dose particulièrement importante d'ester a pu fournir d'intéressantes précisions sur le mécanisme de sa transformation.

Une première action de l'éthylate sur le bromure engendre effectivement peu du composé cyclique et beaucoup de produits accessoires passant en queue de rectification. Contrairement à ce qui avait tout d'abord été avancé, on peut, mais avec de sérieuses difficultés, isoler de ces produits une certaine quantité d'un liquide dont les constantes :

É 107-109°,5 sous 13^{mm}; D 1,278; n_D 1,454 à 13°,

correspondent assez bien à celles du bromo-2 éthoxy-3 butanoate d'éthyle $CH_2Br-CHOC_2H_5-CH_2-COOC_2H_5$ ([3]).

Pour $C_8H_{15}O_3Br$: RM 50,22, tr : 50,65; PM 239, tr : 242 (saponification); Br % 33,4, tr : 31,1 (chaux).

Une seconde action de C_2H_5ONa, sur l'ensemble des produits de queue ci-dessus, donne naissance à une nouvelle dose d'éther-ester cyclique. Les produits de queue, encore abondants, mais cette fois d'une densité plus modérée, restent d'une rectification pénible. On n'en peut plus extraire d'ester éthoxy-bromo-butyrique. Par contre une fraction assez nette se laisse isoler :

É 86-87° sous 12^{mm}; D 1,006; n_D 1,4375 à 13°.

Elle est, sans conteste, de nature éthylénique — son spectre Raman offre une intense raie à 1669 cm^{-1} — et peut s'identifier avec l'éthoxy-4-butène-2-oate

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2089.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1552.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 15, 1948, p. 242.

d'éthyle (¹).

Pour $C_8O_{14}O_3$: RM 41,99, tr : 41,19; PM 158, tr : 174 (saponification).

L'impossibilité de l'exempter d'impuretés bromées entache d'erreurs importantes les déterminations, effectuées sur elle, de masse et de réfraction moléculaires.

Une troisième action de C_2H_5ONa, réalisée sur l'ensemble des produits de queue résultant de la seconde, ne fournit plus qu'une faible quantité supplémentaire d'ester-éther cyclique. Par contre, elle permet d'isoler une fraction abondante de nouvelles queues qui, cette fois, se laissent rectifier sans difficulté. On en extrait un liquide,

É 100-101° sous 13mm; D 0,971, n_D 1,422 à 10°.

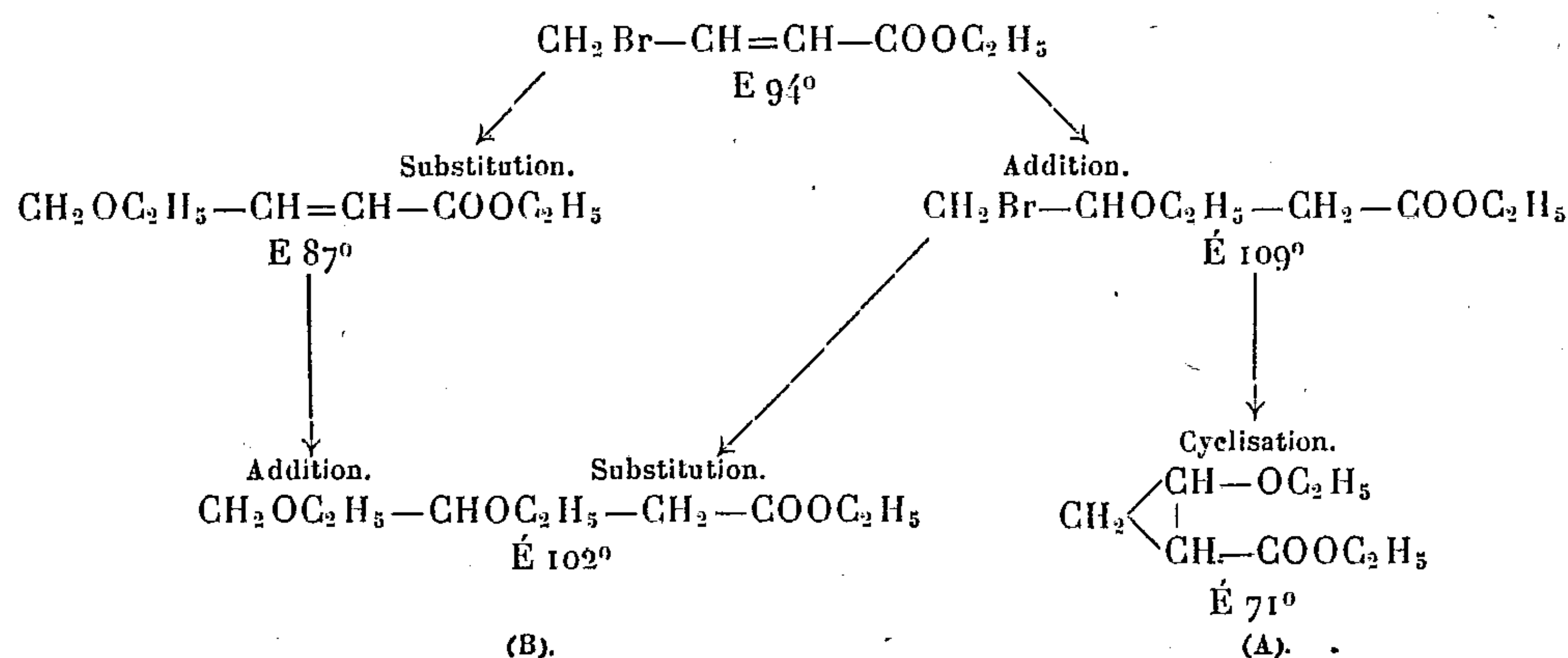
Produit saturé — il ne décolore pas le brome et son spectre Raman ne présente aucune raie éthylénique — ce liquide constitue le di-éthoxy-3.4-butanoate d'éthyle $CH_2OC_2H_5—CHOC_2H_5—CH_2—COOC_2H_5$.

Pour $C_{10}H_{20}O_4$: RM 53,3, tr : 53,6; PM 204, tr : 206 (saponification);
Eth/mol 3, tr : 2,9 (Zeizel).

Sa saponification conduit à un acide identifiable comme le di-éthoxy-3.4-butanoïque $CH_2OC_2H_5—CHOC_2H_5—CH_2—COOH$,

Pour $C_8H_{16}O_4$: RM 44,1, tr : 44,0; PM 176, tr : 176 (acidimétrie);
Eth/mol 2, tr : 1,85 (Zeizel).

De ce qui précède il est ainsi permis de conclure que la réaction de l'éthylate de sodium sur le bromo-4 butène-2 oate d'éthyle s'oriente vers la production de deux substances finales distinctes : l'éthoxy-2 cyclopropane carboxylate d'éthyle (A) et le diéthoxy-3.4 butanoate d'éthyle (B).



(¹) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **33**, 1905, p. 469; *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 723.

Elle le fait par l'intermédiaire de deux produits, isolables l'un et l'autre dans un état de pureté discutable au cours du traitement : l'éthoxy-4 butène-2 oate d'éthyle et le bromo-4 éthoxy-3 butanoate d'éthyle, le premier résultant d'une substitution, le second d'une addition à la molécule primitive.

Le schéma ci-dessus résume le mécanisme global.

A partir de 344^g de bromo-crotonate, il fut possible d'isoler, 125^g de (A) et 21^g de (B), ce qui correspond à des rendements de 45 % et de 6 % environ en ces deux produits. S'y ajoutent 23^g de fractions impures diverses. Le reste a été soit détruit lors des traitements successifs par l'alcoolate, lequel provoque invariablement une résinification partielle, soit perdu au cours des très nombreuses rectifications (plus d'une trentaine) nécessitées par l'isolement des divers produits que mentionne la présente Note.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Méthode de correction de la forme des raies Debye-Scherrer*. Note de M. **Félix Bertaut**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans deux Notes antérieures (1) nous avons considéré la raie Debye-Scherrer *théorique*, due à la dimension finie des cristallites, abstraction faite des facteurs expérimentaux qui produisent des élargissements de raies parasites, nullement négligeables. Alors que les méthodes de correction usuelles, qu'elles soient absolues (2) ou relatives (3), ne déterminent qu'une *largeur de raie corrigée*, nous montrons dans cette Note la possibilité d'isoler la *forme vraie de la raie de diffraction Debye-Scherrer*, soit $H_0(X)$ ou, ce qui revient au même, sa transformée de Fourier, soit $h_0(m)$.

Notons $X_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ les paramètres de diffusion parasite, distribués par des fonctions $H_i(X_i)$ supposées normées (5) et dont les transformées de Fourier sont $h_i(m)$ (4). L'intensité observée $H(X)$ et sa transformée de Fourier $h(m)$ auront la forme (1) et (2). $h_0(m)$ se trouve donc multiplié par des *facteurs de distorsion* $h_i(m)$ dont chacun représente une cause d'élargissement de raie bien déterminée (voir les exemples du tableau I).

$$H(X) = \int H_0\left(X - \sum_i X_i\right) \prod_i H_i(X_i)\, dX_i, \tag{1}$$

$$h(m) = h_0(m) \prod_i h_i(m) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{2}$$

(1) F. Bertaut, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 187 et 492.
(2) B. Warren et J. Biscoe, *J. Am. Ceram. Soc.*, **21**, 1938, p. 49.
(3) F. W. Jones, *Proc. Roy. Soc. London*, (A), **166**, 1938, p. 16.
(4) Cela implique $h_i(0) = 1$.
(5) Compton et Allison, *X-Rays*, 1935 p. 273 et p. 745.

TABLEAU I.

Causes d'élargissement.	Facteurs de distorsion.
Doublet	$h_{\alpha_1\alpha_2} = \frac{2}{3}\left\{1 + \exp\left[\frac{2\pi i n m(\lambda_{\alpha_1} - \lambda_{\alpha_2})}{\bar{\lambda}}\right]\right\}$
Dispersion	$h_\lambda = \exp\left(\frac{-2\pi n \mid m \mid w}{\lambda_0}\right)$
Fente uniforme	$h_f = \frac{\sin \pi u}{\pi u}$
Fente *gaussienne*	$h_f = \exp(-\pi u^2)$
Absorption	$h_\mu = (1 + 2\pi i m \mathfrak{A})^{-1}$

Notations : $u = 2fa \mid m \mid$, $\quad a = \frac{d \cos \Theta}{\lambda}$, $\quad \mathfrak{A} = \frac{\sin 2\Theta}{[\mu a(r + l)]}$,

$2f$ largeur intégrale de la fente, w largeur moyenne de la raie spectrale ([5]), μ coefficient d'absorption de l'échantillon, r et l sa distance au film et à la source (méthode de focalisation de Brentano), n est l'ordre de l'interférence.

Cette méthode absolue peut être contrôlée expérimentalement en enregistrant la raie Debye-Scherrer d'un échantillon de même nature que l'échantillon à étudier, mais constitué de grandes particules ([6]), produisant un effet de diffraction négligeable. Son intensité a pour transformée de Fourier le produit de tous les facteurs de distorsion, soit $h_\infty(m)$ (3). Le tableau II reproduit les valeurs observées et calculées d'une *courbe de correction* $h_\infty(m)$ ([7]).

$$h_\infty(m) = \Pi_i h_i(m). \tag{3}$$

TABLEAU II. — *Exemple d'une courbe de correction.*

m	0.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.	80.	100.	160.
$h_\infty(m)$ obs....	1,0	0.97_3	0.93	0.84_7	0.74_3	0.63_6	0.53_2	0.43_7	0.33	0.18_5	0.0
$h_\infty(m)$ calc...	1,0	0.97_1	0.91_2	0.83_4	0.74_3	0.63_9	0.53_4	0.43_4	0.34_4	0.19_6	0.03

On devrait rechercher des conditions expérimentales telles que dans le domaine de dimensions m étudiées, les facteurs de distorsion restent assez voisins de l'unité. Grâce à l'emploi de sources fines, de grandes distances, etc., on peut aisément agir dans ce sens sur les facteurs géométriques (fente, absorption, divergence du faisceau, etc.), mais non pas sur les facteurs spectraux (doublet, dispersion). Suivant une suggestion fertile de M. Guinier,

([6]) Préparées par recuit par exemple.

([7]) Elle est relative au fer E étudié dans la 2e Note; rayonnement Co $K\alpha_1\alpha_2$, raie (110), $2f = 6.10^{-3}$ radian, $L > 4000$ Å. Le détail des calculs et de ceux des Notes précédentes sera publié ailleurs.

S. Siegel et H. Ekstein ([8]) ont réalisé un montage qui constitue une solution partielle du problème de l'élimination des facteurs spectraux. C'est probablement dans cette voie qu'évolueront les dispositifs expérimentaux.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique antéstéphanienne, probablement hercynienne, du Limousin septentrional.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans le Limousin septentrional, la structure reste d'abord analogue à celle que j'ai décrite plus au Sud. A l'anticlinal de Masseret succède le synclinal de Saint-Germain-les-Belles, Oradour-sur-Vayres, Sud de Rochechouart, l'anticlinal Bourganeuf-Limoges-Rochechouart, deux larges ondulations synclinale et anticlinale, puis le synclinal de Laurière, Bellac, l'Isle-Jourdain, enfin l'anticlinal de Bénévent, Magnac-Laval, le Dorat. Mais ces diverses formes n'ont pas toutes la même signification.

Tandis que les premières sont à peu près symétriques, souvent de style large, à l'exception des parties redressées ou verticales du noyau synclinal de Saint-Germain-les-Belles, qui a la forme d'une gouttière, la *zone synclinale de Laurière, Bellac, l'Isle-Jourdain présente d'une manière générale, sur près de* 90^{km} *en direction axiale, une structure isoclinale*, avec des plongées parfois très fortes ou subverticales, parfois de 50 à 65°, vers le Nord ou le Nord-Est.

Sur le bord sud du massif granitique de Guéret, *le granite, des migmatites, des gneiss d'imprégnation, parfois des orthogneiss très laminés, chevauchent des paragneiss à biotite et muscovite et des micaschistes*, eux-mêmes très redressés. Ceux-ci se couchent vers le Sud dans la région de Laurière. Vers le Nord-Ouest, les micaschistes passent, dans certaines zones, à des schistes chloriteux, parfois graphiteux, et à des quartzites à peine métamorphiques.

Sur le bord du détroit du Poitou, la structure isoclinale s'étend au Sud au moins jusqu'à Chabanais, sur une largeur diamétrale de 45^{km}.

On doit ainsi admettre l'existence d'une *zône de plis isoclinaux ou d'écailles poussés vers le Sud et le Sud-Ouest, probablement une zone de racines*, qui sur le bord sud du granite de Guéret, joue le même rôle que la zone de racines de la nappe de la Margeride au sud du granite d'Ussel, réapparition méridionale du granite de Guéret, et en représente probablement le prolongement axial. La liaison se faisait sans doute par les formations redressées, de direction subméridienne ou Nord-Nord-Ouest du plateau de Millevaches, associées à des migmatites du granite de Guéret et, en grande partie, absorbées, comme elles, un peu plus tard, par un vaste massif de granulite.

Au sud de Magnac-Laval, le granite migmatique et les migmatites qui prolongent le granite de Guéret chevauchent encore, au Sud, des paragneiss et des micaschistes; mais un peu plus à l'Ouest, près du Dorat, j'ai constaté que

([8]) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1207.

le même granite s'enfonce sous les paragneiss et les micaschistes. L'allure isoclinale, avec poussée vers le Sud, apparaît seulement un peu plus au Sud.

Au sud de la zone isoclinale, la répartition du degré métamorphique est normale, sauf dans le flanc sud de l'anticlinal de Bourganeuf-Limoges, entre Saint-Denis-les-Murs et la Croisille. Des paragneiss très micaschisteux à biotite et muscovite, parfois des micaschistes, ceux de Chateauneuf, s'enfoncent, avec de faibles inclinaisons, sous des gneiss leptynitiques et des gneiss d'injection, parfois très laminés (par exemple au nord de la Croisille), ou sous des gneiss d'imprégnation et des migmatites granitiques, par exemple près de Saint-Denis-les-Murs, où j'ai observé des *plis couchés de détail et une absorption magmatique syntectonique.* On pourrait ici, en raison du laminage et des plis couchés de détail, envisager un renversement orogénique du degré métamorphique. Mais l'ensemble des observations s'explique mieux par l'hypothèse d'une *zone laccolitique d'imprégnation et d'injection et de mouvements tangentiels contemporains ou postérieurs.*

De même, dans l'axe du synclinal de Saint-Germain-les-Belles, la position du *granite de la Porcherie,* en partie transformé en orthogneiss, au-dessus des amphibolites, paragneiss et micaschistes, résulte probablement de la *forme laccolitique* de ce petit massif plutôt que d'un renversement.

Mais les observations précédentes conduisent nécessairement à la conclusion que des *mouvements tangentiels, peut-être avec formation d'écailles subautochtones, ont précédé le plissement secondaire.*

Il est naturel de supposer que ces mouvements ont été provoqués par le cheminement d'éléments tectoniques que l'érosion a fait aujourd'hui disparaître et qui s'enracinent dans la zone isoclinale du Nord du Limousin septentrional, phénomène analogue à celui qu'a provoqué plus au Sud le cheminement de la nappe de la Margeride.

L'étude des directions axiales permet de définir, à l'ouest de la faille d'Argentat, *deux arcs orogéniques, tous deux convexes vers le Sud-Ouest.*

Le *plus méridional* prolonge le grand arc des parties orientale et médiane du Massif Central, que j'ai défini en 1932. Il se poursuit jusqu'à un diamètre qui passe par Orgnac, Uzerche, Chateauneuf, Cheissoux.

L'arc septentrional qui lui succède accuse, sur ce diamètre, un *changement plus ou moins brusque des directions axiales,* qui deviennent Ouest et même Sud-Ouest, à l'ouest de Limoges, puis de nouveau Ouest et s'orientent vers le Nord-Ouest à la pointe nord-ouest du Massif Central. Cet arc diffère de l'arc de la Haute-Vienne, convexe vers l'Est, envisagé en 1930 par M. E. Raguin, en partie d'après les zones mylonitiques. Celles-ci ne suivent pas toujours les directions axiales de la tectonique souple antérieure, que nous essayons de définir. Dans le même sens, le plissement et les accidents post-granitiques, minutieusement étudiés par M. E. Raguin au sud de Limoges, en 1927, résultent d'une phase ultérieure, avec des directions orthogonales.

Le plissement isoclinal et les mouvements tangentiels de la phase orogé-

nique essentielle et aussi le plissement secondaire qui a suivi sont des *mouvements paléozoïques antéstéphaniens presque certainement hercyniens*. On doit en conclure que les granites et granulites sont aussi presque certainement hercyniens.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Polarisation et mécanisme d'excitation de la raie* D *du sodium dans le ciel crépusculaire*. Note de MM. **Jean Bricard, Alfred Kastler** et **Robert Robley**, transmise par M. Jean Cabannes.

La forte exaltation de la raie jaune du ciel nocturne pendant l'aurore et le crépuscule, découverte par R. Bernard (1), montre que le rayonnement solaire qui traverse les hautes couches de l'atmosphère intervient dans le mécanisme d'excitation de la raie crépusculaire. Cette raie jaune a été identifiée avec le doublet $D_1 - D_2$ du sodium (2), ce qui a permis de conclure à l'existence d'atomes de sodium dans la haute atmosphère. R. Bernard avait indiqué deux mécanismes d'excitation possibles par le rayonnement solaire : soit une excitation de résonance optique d'atomes de sodium par les radiations jaunes du Soleil, ce qui situerait l'altitude de la couche luminescente vers 70 à 80^{km}; soit une excitation par un rayonnement ultraviolet pour lequel l'ozone atmosphérique est impénétrable, ce qui reporterait l'altitude de la couche vers 100 à 110^{km}. On sait en effet par des expériences de laboratoire que des composés de sodium peuvent subir sous l'influence de radiations ultraviolettes, une photodissociation avec émission de la raie D (3). L. Vegard (4) chercha à déterminer l'altitude de la couche luminescente en mesurant la variation d'intensité de la raie en fonction du temps pour des visées au zénith et à l'horizon. Les résultats (5) semblaient donner des arguments en faveur d'une excitation par un rayonnement ultraviolet arrêté par l'ozone, mais les mesures d'altitude les plus récentes (6) sont compatibles avec l'hypothèse d'une excitation par résonance optique.

En 1938 l'un de nous (7) avait fait remarquer que l'étude des caractères de la luminescence devait permettre de fixer le mécanisme d'émission : la

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 448.

(2) J. Cabannes, J. Dufay et J. Ganzit, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 870; R. Bernard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 928.

(3) T. R. Hogness und J. Franck, *Zeitschr. für Physik*, 44, 1927, p. 26.

(4) *Nature*, 145, 1940, p. 623.

(5) L. Vegard et E. Tonsberg, *Geofysiske Publikasjoner*, 18, 1940, n° 1; L. Vegard et G. Kvifte, *Geof. Publ.*, 16, 1945, n° 7.

(6) J. Dufay, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 690.

(7) A. Kastler, *Procès-verbal des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 1937-1938, p. 64.

photodissociation de composés sodiques par l'ultraviolet doit fournir une raie d'émission probablement large et ne présentant aucune polarisation ([8]). Au contraire, un mécanisme d'excitation par résonance optique doit fournir une raie très fine et légèrement polarisée lorsqu'on vise à angle droit du Soleil. Depuis lors la très grande finesse de la raie jaune corpusculaire a été mise en évidence en étudiant son absorption par la vapeur de sodium ([9]). Elle constitue un argument en faveur de l'hypothèse de résonance optique.

Pour acquérir une certitude il était nécessaire d'étudier l'état de polarisation de la raie crépusculaire. La théorie de la résonance optique et les mesures de laboratoire ([10]) indiquent qu'en lumière naturelle excitatrice, cette polarisation ne doit être que de l'ordre de 9 % pour l'ensemble des deux composantes D_1 et D_2. Or au moment du crépuscule la raie est toujours accompagnée d'un fond continu important très fortement polarisé, dont la présence est gênante. Nous avons essayé de mesurer la polarisation de la raie en comparant le contraste des deux systèmes de franges de Savart fournies par deux glaces de verres également inclinées autour de deux axes croisés, associées à un polariscope Savart-Lyot. Nous avions montré avec cette méthode ([11]) que les radiations monochromatiques verte et rouge du ciel nocturne ne sont pas polarisées.

Appliquée à la raie jaune crépusculaire, elle n'a pas donné de résultat net : l'inégal affaiblissement du fond par les deux glaces, dû à sa polarisation, crée des noircissements dissymétriques des deux plages photographiques, ce qui modifie le contraste des franges. Nous avons éliminé ce fond en projetant les franges de Savart données par les deux glaces sur la fente d'un spectrographe à la fois lumineux et très dispersif, construit dans ce but, comportant un train de quatre gros prismes de flint de 60° d'angle, suivis d'un objectif de chambre catoptrique du type Arnulf-Lyot ([12]) ouvert à F/2. Il est nécessaire d'opérer en fente large, d'une part pour distinguer nettement les franges de Savart sur l'image de la raie, et d'autre part pour supprimer les franges que le fond continu présenterait en fente fine. En photographiant le spectre sur plaques Kodak D 103 *a* nous avons pu constater une dissymétrie très nette du contraste des franges sur les images monochromatiques de la fente correspondant aux deux glaces inclinées. Le sens et la grandeur de la dissymétrie correspondent au sens

([8]) A. C. G. MITCHELL, *Zeitschr. für Physik*, **49**, 1928, p. 228.

([9]) A. KASTLER, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 530; J. BRICARD et A. KASTLER, *Annales de Géophysique*, **1**, 1944, p. 53.

([10]) N. P. HEYDENBERG, L. LARRICK, et A. ELLETT, *Phys. Rev.*, **40**, 1932, p. 1041; A. C. G. MITCHELL et M. W. ZEMANSKY, *Resonance Radiation and Excited Atoms*, Cambridge, 1934, p. 272, 276 et 294.

([11]) J. BRICART et A. KASTLER, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1555; *Annales de Géophysique*, **3**, 1947, p. 308; *Physical Society Gassiot Committee Report*, 1948, p. 70.

([12]) A. ARNULF et B. LYOT, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 1480; A. ARNULF, *Annales d'Astrophysique*, **6**, 1943, p. 21.

et à l'ordre de grandeur de la polarisation prévue pour excitation de résonance optique. Le mécanisme d'excitation nous paraît donc hors de doute et situe la couche émissive d'atomes de sodium à une altitude d'environ 80^{km}. Nous avons pu aboutir à ce résultat en profitant de la longue durée des crépuscules de haute latitude à la station d'Abisko (68° latitude Nord), grâce à l'hospitalité des autorités suédoises.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *L'accélération ontogénétique au cours de l'édification de l'appareil à latex de* Chelidonium majus *L.* Note de MM. **Fernand Pellissier** et **Lionel Lacrotte**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons révélé récemment les images initiales de la morphogénèse sécrétrice chez *Chelidonium majus* L. ([1]).

L'édification des quatre premiers laticifères cloisonnés s'opère à partir de points initiaux (localisés au niveau du collet morphologique) et dont la progression *nodifuge* (vers l'hypocotyle et les cotylédons d'une part, et en direction de la racine d'autre part) est à la fois *tardive* et *discontinue*.

Nous pouvons assimiler ces quatre *cordons* distincts à autant d'unités sécrétrices indépendantes, *correspondant par paires à chacune des deux premières unités morphologiques cotylédonaires*.

L'étude des phases ultérieures de la différenciation des laticifères, dans les cotylédons et dans les trois premières feuilles épicotylées, nous a conduits à considérer l'appareil sécréteur comme formé de systèmes distincts.

Comme dans la trachéogénèse, on reconnaît des unités du premier ordre correspondant aux nervures primaires, des cordons du deuxième ordre édifiés sur les précédents et correspondant aux nervures secondaires, etc.

Enfin, parmi les systèmes de même ordre, on peut distinguer une hiérarchisation dans le rang d'apparition.

Toutefois ces divers systèmes élémentaires ne se subordonnent pas de la même manière dans les phyllorhizes constitutives des limbes des feuilles successives :

1° Dans les feuilles cotylédonaires, les systèmes sécréteurs élémentaires prennent naissance, de la base au sommet et du centre vers la périphérie suivant la hiérarchie de leur ordre d'abord, de leur rang ensuite; l'on constate seulement leur subordination de plus en plus rapide.

2° Chez la première feuille épicotylée (feuille unilobée) la première ébauche de morphogénèse sécrétrice prend naissance dans la région nodale basolimbaire. Là s'élaborent, non pas le système du premier ordre et du premier rang correspondant à la nervure médiane, mais *deux unités sécrétrices correspondant aux deux nervures latérales* (1er ordre, 2e rang).

Par la suite, les phénomènes sont de la même qualité mais plus rapides encore que chez les feuilles cotylédonaires.

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 908.

L'accélération se traduit ici par l'édification d'unités de rang $n+1$ avant l'ébauche d'unités de rang n.

3° Au sein de la deuxième feuille épicotylée (feuille trilobée) les manifestations initiales de la laticiférogénèse prennent leur départ *au-dessus* de la région baso-limbaire.

Dans les lobes latéraux d'abord, dans le lobe médian ensuite, s'édifient les unités sécrétrices des deuxième, troisième et quatrième ordre (logés dans les profondes échancrures interlobaires) avant même la formation des systèmes du deuxième ordre.

Au cours d'un deuxième stade, l'ontogénèse sécrétrice affecte les unités du premier ordre latérales, unités d'abord (2e rang), unité médiane ensuite (1er rang).

4° La troisième feuille épicotylée et les suivantes (pentalobées) offrent leurs premières images de différenciation sécrétrice dans *la zone marginale apicolobaire*, et, plus précisément au niveau des échancrures délimitant (dans les lobes latéraux d'abord, médian ensuite) des lobules plus ou moins saillants.

L'étude de ces architectures permet d'y reconnaître des *systèmes nodaux distincts d'ordre et de rang numériquement très élevés et dont le point initial a affecté un étage nodal supérieur* [progression ascensionnelle (2)].

En résumé, les premières étapes de la morphogénèse sécrétrice, basales dans les premières phyllorhizes, deviennent progressivement apicales dans les suivantes.

Ces édifices où l'on reconnaît toujours les unités élémentaires, traduisent dans leur subordination de la base au sommet de la plantule, une accélération ontogénétique extraordinairement accusée et dont le mécanisme est tributaire de *trois facteurs entrant en jeu progressivement.*

a. Construction de systèmes de rang $n+x$ avant ceux de rang n.

b. Naissance d'unités d'ordre $n+x$ avant celles d'ordre n.

c. Progression ascensionnelle du point initial, lequel affecte non point le nœud d'insertion de la nervure correspondante, mais un étage nodal supérieur.

En un mot, l'interaction de ces trois facteurs est inexistante dans les unités cotylédonaires, appréciable dans la première feuille épicotylée; elle atteint son suprême degré à partir de la troisième feuille.

APICULTURE. — *Comportement des Abeilles de la Guinée française, importées pour la première fois à Paris.* Note de M. **Maurice Mathis**, présentée par M. Émile Roubaud.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré les avantages de la ruche François Huber modifiée, pour le transport des abeilles à longue distance : Tunis-Alger, Tunis-Paris, etc.

---

(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 197-199.

(1) Sur quelques modifications de la ruche en « livre » de François Huber pour le transport des abeilles à longue distance (*C. R. Soc. de Biologie*, CXLII, juin 1948, p. 828).

Chargé par le Gouverneur général de l'A. O. F. d'une mission pour l'étude des abeilles de l'Afrique tropicale, il nous a paru digne d'intérêt d'éprouver à nouveau la valeur de notre technique en essayant de transporter une colonie d'abeilles, de Guinée en France.

L'apiculture en Guinée, uniquement pratiquée par les captifs des Peuhls, se réduit à une technique très simple : une ruche constituée par un cylindre creux d'environ 70^{cm} de longueur, 20 à 30 de diamètre, en paille ou en bambou tressé est posée horizontalement entre les fourches maîtresses d'un Néré, *Parkia biglobosa*; très rapidement un essaim s'y installe. A certaines époques, variables selon les régions et qu'une longue observation a précisées, le paysan africain enflamme une torche de paille, brûle à la nuit les abeilles et s'empare de la totalité des gâteaux de cire qu'il écrase dans une calebasse. En dépit de ce procédé barbare, pratiqué depuis des siècles et qui détruit annuellement une quantité d'abeilles que l'on peut estimer, pour le moins, à une quarantaine de tonnes, le *cheptel ailé* se reconstitue de lui-même chaque année. On ne peut pas parler dans ces conditions d'une domestication de ces abeilles tropicales. Elles sont, malgré tout, parfaitement maniables, au même titre que les abeilles européennes.

A notre passage à l'Institut Pasteur de Kindia (Pastoria), nous avons transvasé dans une ruche F. Huber de transport, une petite colonie d'abeilles spontanément établie à l'intérieur d'une noix de coco. Après avoir capturé la reine et fixé un gâteau de cire au cadre central de la ruche, nous avons, sans difficultés, réussi à faire passer les abeilles dans cette nouvelle installation.

Les abeilles ainsi enruchées se sont comportées comme toutes celles que nous avons eu l'occasion de manipuler en France et en Afrique du Nord : équidistance des gâteaux de cire, réaction à la fumée, sécrétion de cire, etc. Les temps d'évolution des insectes aux différents stades de leur développement feront l'objet d'un travail ultérieur.

Transport des abeilles. — Notre colonie ayant été enruchée en mars, au début de notre voyage qui comportait la visite de toute la Guinée, de Conakry à Kankan, avec une pointe dans le Nord jusqu'à Mali, nous avons été dans l'obligation de lui faire parcourir plus de $1\,000^{km}$ en camion et 4000 en avion, pour l'amener à Paris en mai. Au cours de ce long périple, la colonie s'est développée normalement, si nous tenons compte des temps morts : réclusion totale (souvent de plusieurs jours), dépaysement, chocs, températures défavorables, etc.

Comportement des abeilles à Paris. — Dès notre arrivée, nous avons ouvert les trous de vol de notre ruche, à l'Institut Pasteur. Les abeilles sont immédiatement sorties, malgré le temps froid (13°-15°C) et, après des vols de repérage absolument identiques à ceux de nos abeilles métropolitaines, sont parties à la recherche de pollen et de nectar sur les arbres voisins en pleine floraison : marronniers et acacias; moins de deux heures après leur libération, des abeilles rentraient chargées, à la ruche.

Il a été décrit deux variétés d'abeilles de l'Afrique tropicale : *Apis mellifica unicolor*, toute noire : *Apis mellifica adansoni*, jaune d'or. Les deux variétés se rencontrent dans notre colonie : bien que filles de la même reine, jaune d'or, les abeilles sont les unes noires, les autres à l'abdomen jaune d'or. Les mâles des diverses colonies que nous avons examinées présentent toute la gamme des coloris. Il y a là sans doute un fait d'hybridation, ainsi qu'il est couramment constaté chez nous, entre abeilles italiennes et abeilles noires communes, par exemple. Par sélection, il sera vraisemblablement possible d'obtenir les deux races à l'état pur et d'étudier leurs caractéristiques biologiques respectives.

Quoi qu'il en soit, le comportement de ces abeilles tropicales semble jusqu'ici rigoureusement identique à celui que nous connaissons. Leur transport à plus de 4000^{km} vers le Nord, effectué dans d'excellentes conditions à l'aide de la ruche François Huber modifiée, nous permet d'espérer un acclimatement facile en France et en Europe. Toutefois leur résistance hivernale doit être contrôlée.

L'utilisation métropolitaine des abeilles africaines serait d'autant plus souhaitable que l'on déplore chaque année des pertes de plus en plus considérables dans notre cheptel ailé, par suite de l'utilisation intempestive et, le plus souvent maladroite, des merveilleux insecticides modernes. Ainsi, les abeilles de la Guinée française, abondantes et si actives dans leur pays d'origine, pourraient venir opportunément combler les vides, dans les ruchers des apiculteurs de la Métropole et probablement de toute l'Europe.

NUTRITION. — *Les effets nocifs des teneurs élevées en linoléate de méthyle et en huile de tournesol dans l'alimentation du Rat.* Note de MM. **Arthur Hirsch** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Depuis 1925, l'attention des physiologistes est attirée sur les accidents provoqués par un excès d'huile de foie d'animaux marins dans le régime de différents Mammifères. Une mise au point de la question, complétée par d'intéressantes données personnelles, a été récemment publiée par Cormier [1]. Ces troubles, parfois mortels, sont multiples : arrêt de croissance, dystrophie musculaire, atrophie des testicules. Les hypothèses les plus variées ont été formulées quant à la causalité de ces accidents qui s'apparentent à l'avitaminose E. Si certains auteurs les attribuent à l'insaponifiable, d'autres rendent responsable la fraction correspondant aux acides gras désaturés. On est alors en droit de se demander s'il s'agit d'une action spécifique des acides désaturés d'huile de poisson ou si tous les acides désaturés possèdent les mêmes propriétés nocives. C'est ce que nous avons tenté de résoudre en utilisant un ester obtenu au laboratoire, le linoléate de méthyle, et une huile végétale riche en linoléine,

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 30, 1948, p. 921.

l'huile de tournesol. Pour entreprendre une étude systématique, nous avons utilisé des régimes synthétiques équilibrés et nous avons expérimenté sur le Rat blanc.

L'expérience a porté sur 27 animaux de souche Commentry (24 ♂ et 3 ♀) pesant au départ une cinquantaine de grammes. Ces rats ont été répartis en cinq lots et soumis aux régimes suivants :

1. Régime carencé en acides gras essentiels;
2. régime couvrant le besoin minimum en acides gras essentiels;
3. régime à 5 % de linoléate de méthyle;
4. régime à 15 % d'huile de tournesol, soit 9 % de linoléine;
5. régime à 15 % d'huile de tournesol + excès de vitamine E.

La composition des rations était la suivante :

Régimes.	1.	2.	3.	4.	5.
Caséine	20	20	20	20	20
Sels (²)	5	5	5	5	5
Saccharose	75	75	70	60	60
Linoléate............	0	0,3	5	0	0
Huile de tournesol ...	0	0	0	15	15
Tocophérol..........	0,004	0,004	0,004	0,004	0,104

On ajoutait à tous les régimes les vitamines suivantes en proportions constantes et optima : B1, B2, PP, B6, acides pantothénique, folique, *p*-aminobenzoïque, choline, cystine, carotène et calciférol. L'étude a porté sur la croissance et l'état général. Au bout de trois mois et demi, les résultats sont les suivants :

Tous les animaux du lot 1 sont morts après avoir présenté les troubles décrits par Burr et Burr.

Les rats du lot 2 ont une croissance normale, sans aucun symptôme pathologique.

Le lot 3 accuse deux paralysies des pattes postérieures dont l'une mortelle après deux mois et demi.

Quatre rats du lot 4 sont morts après avoir manifesté des accidents multiples : fourrure anormale, paralysie du train arrière, atrophie testiculaire.

Les femelles du lot 5 sont normales et, maintenues au même régime, demeurent en vie pendant dix mois sans troubles apparent.

Cette étude préliminaire montre que les acides désaturés peuvent à partir d'un certain taux devenir des facteurs de mauvaise nutrition et déséquilibrer la ration. Les troubles qu'ils entraînent sont prévenus par ingestion de doses élevées de tocophérol.

Dans le cas où les acides désaturés constitueraient un simple aliment énergétique, nous voyons que l'organisme ne saurait sans danger en métaboliser un trop grand excès. Si l'on admet que ces acides gras essentiels, l'acide linoléique

(²) Mélange 81 de McCollum.

en premier, sont assimilables à des facteurs vitaminiques, notre étude met en évidence l'existence d'une hypervitaminose F, au même titre qu'il existe des hypervitaminoses A ou D. Cette hypervitaminose F ressemble par plus d'un point aux accidents causés par l'huile de foie de poisson. Le mécanisme du rôle toxique de telles huiles n'est pas complètement élucidé, il peut d'ailleurs relever de plusieurs facteurs. Mais en ce qui regarde leur fraction désaturée, nous croyons pouvoir dire qu'elle ne possède pas une action spécifique, puisque des acides désaturés de synthèse ou d'origine végétale provoquent des troubles semblables dont les manifestations s'apparentent également à celles de l'avitaminose E.

Le pouvoir toxique de la liaison désaturée est chose établie pour les micro-organismes ([3]), cette notion semble devoir être étendue aux Mammifères. D'autre part, nous avons déjà précisé notre conception du terme *antivitamine* dans le domaine alimentaire : présente une propriété antivitaminique toute substance qui, *ajoutée à une ration équilibrée, la transforme en régime carencé et provoque ainsi des avitaminoses plus ou moins spécifiques* ([4]). Selon cette définition, l'acide linoléique à dose élevée semble jouer le rôle d'une antivitamine E.

Conclusions. — Le linoléate de méthyle et l'huile de tournesol qui, à faible dose, sont indispensables dans le régime du Rat, provoquent à taux élevé des troubles manifestes. Ces accidents sont prévenus par un supplément de tocophérol. Si l'on admet que l'acide linoléique est un facteur vitaminique, nous avons mis en évidence l'existence d'une hypervitaminose F.

PHARMACODYNAMIE. — *Activité sympathicolytique et toxicité de la corynanthéine et de la corynanthine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La corynanthine et la corynanthéine appartiennent à un même type chimique mais possèdent, la première, un, la seconde, deux méthoxyles. Bien que la formule complète de constitution de la corynanthéine n'ait pas encore été établie, celle qu'a proposée Goutarel devant être tenue pour inexacte, la comparaison des effets physiologiques de cet alcaloïde et de ceux de la corynanthine présente un incontestable intérêt pour la pharmacodynamie. Pratiquées d'abord avec un chlorhydrate dont le pouvoir rotatoire variait quelque peu, puis avec un tartrate à pouvoir rotatoire bien établi et constant, nos expériences nous ont montré que la corynanthéine est douée d'une activité sympathicolytique majeure se traduisant par l'inversion des effets hypertenseurs des doses moyennes des amines sympathicomimétiques vraies (adrénaline, adrénalone, dioxyéphédrine, éthylnoradrénaline, etc.), par le renforcement de l'hypotension produite par les doses minimales de ces mêmes amines et plus particuliè-

([3]) *C. R. Soc. Biol.,* séance du 6 mars 1947.
([4]) *Ann. Nutrit.*, 1, 1947, p. 463.

rement de la dioxyéphédrine et de l'éthylnoradrénaline ([1]), par la réduction de l'action hypertensive des amines pseudosympathicomimétiques (éphédrine, sympatol, etc.), par la diminution pouvant aller jusqu'à l'abolition de l'élévation de pression provoquée par l'occlusion carotidienne, par l'inversion de la hausse de tension causée par la faradisation du Splanchnique ([2]).

Quant à la toxicité de la corynanthéine, les essais que nous avions pratiqués jadis avec le chlorhydrate de cette base nous avaient amené à conclure qu'elle est supérieure à celle de la corynanthine. Depuis lors, Goutarel et ses collaborateurs ont prétendu qu'elle est, au contraire, moins élevée que celle de cette dernière. Nous avons donc été amené à déterminer avec précision, chez la Grenouille rousse, la dose léthale 50 % du chlorhydrate de corynanthine et du tartrate de corynanthéine.

Nos premiers essais, pratiqués en décembre 1948 (température du laboratoire, 20-21°) ont donné les résultats suivants :

	Tartrate de corynanthéine.			*Chlorhydrate de corynanthine.*		
Dose en γ par gramme.	Morts après 24 heures.	Survies après 24 heures.	Pourcentage de mortalité après 24 heures.	Morts après 24 heures.	Survies après 24 heures.	Pourcentage de mortalité après 24 heures.
225.........	20	20	50	12	28	30
250.........	22	18	55	16	24	40
275.........	40	0	100	36	4	90

Nos seconds essais, faits en avril 1949 (température du laboratoire, 17-18°), ont abouti aux constatations que voici :

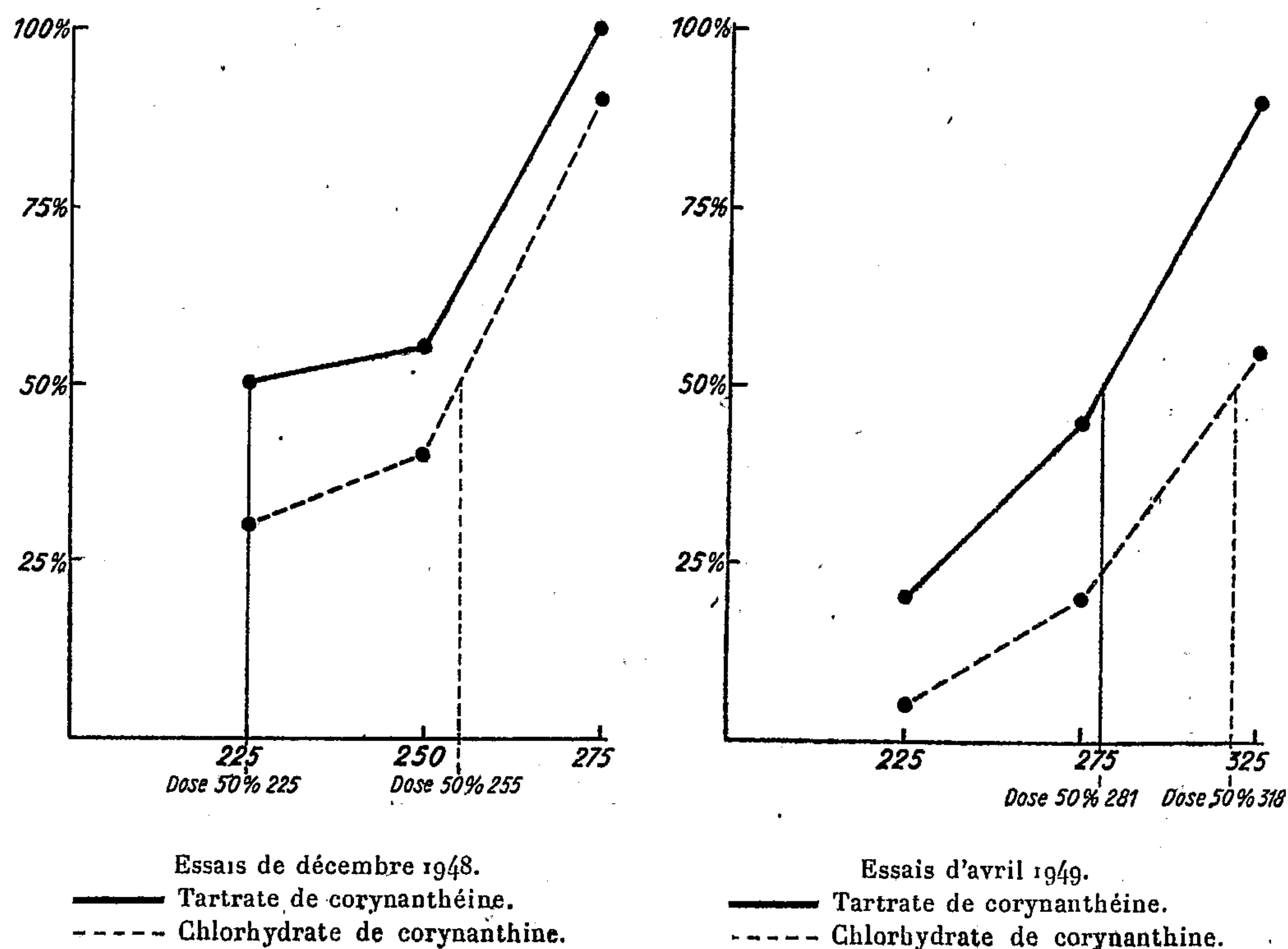
Tartrate de corynanthéine.

	Morts		Survies		Pourcentage de mortalité	
Dose en γ par gramme.	après 24 heures.	après 240 heures.	après 24 heures.	après 240 heures.	après 24 heures.	après 240 heures.
225.........	8	32	32	8	20	80
275.........	18	36	22	4	45	90
325.........	36	40	4	0	90	100
	Chlorhydrate de corynanthine.					
225.........	2	2	38	38	5	5
275.........	8	8	32	32	20	20
325.........	22	22	18	18	55	55

([1]) Ce renforcement, récemment signalé comme nouveau (R. Hazard et al., *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 123), a été décrit par nous dès 1932 (*Arch. internat. de Pharmacodyn.*, **43**, 1932, p. 297).

([2]) Produite assez facilement par la yohimbine, l'iso-yohimbine de Warnat (α-yohimbine de Lillig) et l'allo-yohimbine, cette inversion s'obtient moins aisément avec la corynanthine et la δ-yohimbine, plus difficilement encore avec la corynanthéine.

Après 24 heures, la dose léthale 50 % du chlorhydrate de corynanthine est donc, dans les deux essais, supérieure de 13 % à celle du tartrate de corynanthine.



Essais de décembre 1948.
—— Tartrate de corynanthéine.
- - - - - Chlorhydrate de corynanthine.

Essais d'avril 1949.
—— Tartrate de corynanthéine.
- - - - - Chlorhydrate de corynanthine.

thine. Au bout de 10 jours, le nombre des animaux morts est resté le même pour ceux qui ont été intoxiqués par le chlorhydrate de corynanthine, mais s'est considérablement élevé pour ceux qui ont été soumis à l'action du tartrate de corynanthéine, de telle sorte que l'écart entre les doses léthales des deux substances dépasse alors de beaucoup ce qu'il était après 24 heures. La corynanthéine est donc, chez la Grenouille rousse, plus toxique que la corynanthine.

MICROBIOLOGIE. — *Virulence du* Mycobacterium tuberculosis *souche* 607. Note de MM. **Constantin Levaditi, Aron Vaisman** et **Pierre Lévy**, transmise par M. Gaston Ramon.

Il nous a été donné de constater qu'une souche de *Mycobacterium tuberculosis* 607, réputée dépourvue de virulence, se révèle, dans certaines conditions, capable de provoquer chez les animaux d'expériences des lésions souvent mortelles.

Caractéristiques et origine de la souche 607. — Cette souche acido-résistante [qui nous a été envoyée par M. Freedlander du Mont Zion Hospital (San

Francisco)] se développe abondamment en 24 heures sur gélose simple. Son origine est obscure. On peut lire son histoire dans Tobie ([1]), histoire imprécise depuis que la souche fut introduite par Novy aux États-Unis (1888). Elle fait partie de la *Collection de culture type* (*A. T. C. C.*). Sa parenté avec le *Mycobacterium segmatis* a été révélée par Gordon et par Kelner et Morton ([2]). Elle ressemble fortement au bacille de segma (Tobie). Son innocuité est universellement reconnue.

RECHERCHES PERSONNELLES. — I. *Souris.* — 1° Virulence. Inoculation intraveineuse de 1me culture sur gelose : *a. âgée de 40 jours :* Mortalité 0 %. Les animaux sont sacrifiés entre 15 et 53 jours, alors qu'ils présentaient des signes d'encéphalite (agitation, tremblements de la tête, roulement bilatéral, parésies, paralysies); *b. culture âgée de 48 heures :* Mortalité 100 % (entre 5 et 7 jours, 55 %; entre 10 et 15 jours, 45 %) ([3]). Mêmes phénomènes morbides que ceux décrits ci-dessus.

2° EXAMEN HISTOLOGIQUE. — *Nevraxe.* — Méningite, périvascularite, et, surtout, présence, dans 88 % des cas, de nombreux abcès miliaires (polynucléaires partiellement caryolysés au centre, monocytes à la périphérie, tendance à l'enkistement), abcès fortement bacillifères (++ à +++=80 %). Bactéries filamenteuses et souvent à disposition radiaire. *Rein* : mêmes abcès riches en bacilles acido-résistants dans la corticalité (glomérules) et dans les papilles (100 % des cas). *Poumon*: petits abcès miliaires bactériens dans 66 % des cas. *Rate et foie* : pauci-bacillose.

Il en résulte que *les cultures fraîches de la souche* 607, *inoculées par voie sanguine à la Souris, provoquent des symptômes encéphalitiques et la mort par suite de la formation d'abcès miliaires bacillifères dans le névraxe, le rein et le poumon* (*lésions différentes de celles qui sont déclenchées par le* mycobacterium tuberculosis *virulent* (*humain ou bovin*).

II. *Cobaye* [inoculation intraveineuse; mort en 4 à 6 jours, avec des lésions rénales ([4])].

III. *Lapin* (inoculation transcrânienne mort en 5 jours, par méningite bacillifère).

Essais de traitement. — Si l'acide *p*-amino-salycilique se révèle inopérant, par contre la streptomycine (2000 U par jour) détermine la survie (30 et 57 jours) des souris dans 100 % des cas (*cf.* tableau I) ([5]).

([1]) *Amer. Rev. Tuberc.*, 58, 1948, p. 693.

([2]) *Proced. Soc. Exp. Biol. Med.*, 63, 1946, p. 227.

([3]) Cultures positives (sang, rein) chez certaines souris mortes.

([4]) Ces lésions ressemblent à celles décrites par Laporte [*Ann. Inst. Pasteur*, 65, (II), 1940 p. 282], (souche P, isolée par Piechaud).

([5]) Cultures négatives.

Souris.		Mortalité (%).	Cerveau Abcès (%).	Cerveau B. K. (%).	Rein Abcès (%).	Rein B. K. (%).	Poumon Abcès (%).	Poumon B. K. (%).
Témoins		100	88	++ à ++++ / 88	100	++ à ++++ / 100	66	+ à ++++ / 65
Streptomycine	30 jours	0	100	+−− à +− / 75	0	0 / 88	75	0 à +− / 88
	57 jours	0	Encéphalite / 100	+− à +++ / 100	0	0 / 50	Follicules / 66	0 à +−− / 100

Il est à remarquer que les souris traitées offrent des signes nerveux identiques à ceux des témoins, ce qui s'explique par la persistance des lésions névraxiques en voie de régression, alors que le rein est infiniment moins atteint. L'antibiotique agit donc mieux sur la bacillose rénale que sur les accidents cérébraux, en raison même de sa concentration dans le rein (voie d'élimination) et de sa faible pénétration dans le névraxe.

Conclusions. — *La souche du Mycobacterium tuberculosis* 607 *est pathogène pour la Souris, le Cobaye et le Lapin. La streptomycine se révèle thérapeutiquement efficiente chez les souris contaminées* ([6]).

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'existence de formes submicroscopiques chez des bactéries de caractère banal* (Proteus) *et sur leur signification.* Note (*) de M. **Robert Tulasne** ([1]), transmise par M. André Boivin.

Dans une Note précédente ([2]), en collaboration avec R. et A. Minck, nous avons indiqué comment, sous des actions nocives diverses, de nombreuses bactéries peuvent conduire à des formes géantes, dont nous avons cherché à dégager la signification. Mais en travaillant avec une souche de *Proteus vulgaris* (N. P. 18), nous avons bientôt rencontré ce fait fort remarquable que sous l'action de la pénicilline, un même germe peut être susceptible de donner non seulement des formes géantes, mais des formes submicroscopiques.

Les formes submicroscopiques ont une histoire déjà longue. Découvertes avec le microbe de la pleuropneumonie des Bovidés, elles ont été retrouvées ensuite, dans diverses circonstances, spécialement dans les cultures de *Streptobacillus moniliformis* et de *Bacteroides funduliformis*. Chez ces deux bactéries, le passage est spontanément possible, dans les deux sens, des formes submi-

([6]) Selon nos recherches, le *Mycobacterium smegmatis* se comporte comme la souche 607.

(*) Séance du 2 mai 1949.

([1]) Avec l'assistance technique de Mlle Müller et Mme Leplingard.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1262.

croscopiques aux formes filamenteuses usuelles. Dans un mémoire de fin 1948, consacré à *Bacteroides funduliformis*, Dienes ([3]) indique que chez *Bacteroides* comme chez *Streptobacillus*, la présence de pénicilline dans le milieu favorise beaucoup la production de formes submicroscopiques (plus résistantes). L'auteur ajoute en passant — renvoyant pour les détails à des publications futures — que certaines souches de bacille de Pfeiffer, de bacille d'Eberth et de *Proteus* peuvent, elles aussi, donner des formes submicroscopiques sous l'effet de la pénicilline. L'essentiel de notre travail expérimental avait déjà été effectué lorsque vint à notre connaissance ce Mémoire de Dienes. Mais ce que nous savons des résultats de notre Collègue américain ne laisse pas de doute quant à l'identité des phénomènes étudiés dans nos deux laboratoires respectifs.

Semé sur gélose-sérum fortement pénicillinée (l'adjonction de sérum au milieu est nécessaire pour le développement des microcolonies, dont les germes constituants semblent présenter de grandes exigences biochimiques), notre *Proteus* donne la série habituelle des formes bacillaires, des formes filamenteuses, des *corps larges* (10 à 15^{μ}) avec évolution de la grande majorité de ces derniers vers la lyse. Pourtant, quelques-uns de ces corps larges (ils sont remarquables par l'abondance des granulations désoxyribonucléiques qu'ils renferment et dont chacune a approximativement la taille et l'aspect d'un noyau ordinaire de *Proteus*) échappent à la mort et vont engendrer autant de microcolonies. En 48 heures, les microcolonies atteignent 500^{μ} et, de ce fait, deviennent tout juste visibles à l'œil nu. Ces microcolonies sont formées d'éléments submicroscopiques que nous interprétons comme des bactéries presque complètement réduites à leur noyau ($0^{\mu},2$). Les microcolonies sont repiquables en série, par *application* sur gélose-sérum pénicillinée. Si le repiquage est effectué sur gélose sans pénicilline, on ne tarde pas à voir réapparaître des *Proteus*, normaux à tous points de vue, qui semblent germer à partir des éléments submicroscopiques de la microcolonie. Il s'agit de germes usuels quant à leur morphologie (taille et cytologie), quant à leurs faibles exigences biochimiques et à leur capacité de donner un abondant développement sur gélose ordinaire, quant à leur résistance relativement basse vis-à-vis de l'antibiotique, ce qui les distingue des éléments submicroscopiques, hautement résistants.

Comment interpréter ces passages, possibles dans les deux sens, des formes submicroscopiques aux formes normales et réciproquement ?

La réponse nous est offerte par les auteurs (spécialement Demerec et son équipe) qui ont étudié le même problème chez de nombreux germes, en n'ayant envisagé, il est vrai, que les changements de résistance aux antibiotiques sans se préoccuper des variations morphologiques concomitantes. D'après ces auteurs, par sa présence ou son absence, un antibiotique ne pro-

([3]) *Journ. Bact.*, 56, 1948, p. 445.

voque en rien des mutations, mais agit comme agent de sélection sur des *mutations spontanées*. Nous pensons qu'il en va exactement de même dans notre cas et que les formes submicroscopiques du *Proteus* ne sont en rien créées par la pénicilline, mais seulement sélectionnées par elle.

Il est vraisemblable que la formation de tels éléments submicroscopiques est un phénomène général qui, avec plus ou moins de facilité, est capable de se manifester toutes les fois qu'une bactérie donne naissance à des *corps larges*, soit spontanément, soit sous l'effet d'une action nocive appropriée. A ce point de vue, les antibiotiques ont été étudiés jusqu'à maintenant, mais il ne faudra pas perdre de vue l'effet éventuel des corps sulfamidés et des anticorps.

Les éléments submicroscopiques consécutifs à l'action de la pénicilline représentent des formes de résistance à cet antibiotique, encore qu'ils puissent aisément repasser aux formes normales dès que l'antibiotique se trouve écarté. Il y a là un point qui mérite hautement de retenir l'attention de ceux qui se penchent sur le mécanisme de la thérapeutique antibiotique des infections. Mais ce n'est pas tout. La vieille question de l'existence de formes filtrantes chez des bactéries comme le *bacille de Koch* et le *tréponème* (formes filtrantes qui pourraient présenter des potentialités pathogènes spéciales) se trouve remise en discussion. Un gros travail de microbiologie et de pathologie infectieuse expérimentale va ainsi s'offrir à la curiosité des travailleurs : 1° faire l'inventaire des espèces bactériennes susceptibles de donner des éléments submicroscopiques; 2° préciser, éventuellement, les propriétés pathogènes spéciales à ces éléments.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'immunisation de la jument mulassière par son produit, et le passage des anticorps antimulet chez son muleton.* Note de M. **Abel Brion**, transmise par M. Gaston Ramon.

Les travaux de Caroli et Bessis ([1]), ainsi que nos propres recherches ([2]), ont montré que l'ictère du muleton nouveau-né est dû à l'hémolyse provoquée chez ce dernier par des anticorps antimulet formés par la jument mulassière qui s'immunise, au cours de gestations antérieures, contre son produit, appartenant à une espèce zoologique différente.

Cependant le mécanisme de cette immunisation, ainsi que celui du passage des anticorps chez le muleton, restent à préciser.

La traversée transplacentaire de l'antigène-mulet dans le sens fœtus-mère, et des anticorps antimulet dans le sens mère-fœtus, est problématique. En effet, la jument appartient, au point de vue placentation, au groupe I de Grosser,

([1]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 969-971.
([2]) *Rev. Path. Comp.*, 32, 1947, p. 317-321.

c'est-à-dire que son placenta, diffus, est du type épithélio-chorial. Sept couches de tissus s'interposent entre le sang maternel et le sang fœtal, rendant aléatoire le passage de grosses molécules albuminoïdes comme celles qui sont le support de l'antigène et des anticorps, vraisemblablement attachées, par ailleurs, aux hématies, en ce qui concerne l'antigène. Quant au passage transplacentaire des anticorps, il est démontré qu'il est toujours minime, même dans les cas les plus favorables, comme celui des antitoxines diphtérique ou tétanique, et requiert une hyperimmunisation de la jument gestante.

D'autres points demeurent encore obscurs dans l'ictère du muleton. Pourquoi, puisqu'il s'agit d'une hétéro-immunisation, seulement 5 à 10 % des juments mulassières sont-elles immunisées, ou tachées de jaunisse, selon l'expression des éleveurs? Pourquoi cette immunisation ne se produit-elle pas au cours d'une première gestation? Pourquoi, si les anticorps franchissent le placenta, l'hémolyse ne se produit-elle pas chez le fœtus? Pourquoi, si l'on admet que cette hémolyse est déclenchée seulement par le refroidissement du muleton à sa naissance, selon un phénomène de Donath et Landsteiner, l'ictère n'apparaît-il qu'au bout d'un certain temps, qui n'est presque jamais inférieur à 12 heures?

Nous pensons pouvoir répondre à ces questions en faisant ressortir quelques constatations que nous avons faites au cours de ces deux dernières années, et que nous résumons ci-dessous.

Il est de règle d'observer chez la jument mulassière qui donnera, à sa mise-bas, un produit ictérique, une montée de lait passagère, au cours des derniers mois de sa gestation. Il arrive même que de telles juments, tachées de jaunisse, avortent à ce moment.

Le muleton ictérique a souvent, à sa naissance, un développement insuffisant, et donne l'apparence d'un avorton de 10 ou 11 mois.

Le taux des agglutinines maternelles ne s'élève qu'en fin de gestation, et surtout présente une brusque augmentation après la montée de lait transitoire.

Le colostrum de la jument agglutine les hématies du muleton à une dilution plus élevée que ne le fait son sérum. Ce titre baisse rapidement, et, au bout de quelques jours, n'atteint que rarement 1/16, titre en dessous duquel nous considérons, par nos observations, que le lait n'est plus dangereux.

Le muleton issu d'une mère tachée de jaunisse demeure indemne si on ne lui permet pas de téter sa mère pendant au moins 48 heures. Par contre, restant en parfaite santé, malgré sa soi-disant tache originelle, tant qu'il est soustrait à l'allaitement maternel, il contracte l'ictère si on le remet prématurément avec sa mère, dans un délai inférieur à 12 heures, quand le taux des agglutinines du lait est supérieur à 16.

Tout ceci nous amène aux conclusions et hypothèses suivantes :

1° La jument ne s'immunise que si elle absorbe des hématies de mulet, lesquelles ne peuvent passer dans sa circulation qu'à la faveur d'une plaie utérine. Celle-ci peut se produire lors d'un accouchement, au moment de la séparation de la muqueuse utérine et du chorion; ou bien au cours d'une gestation pendant laquelle survient, sous l'influence de causes diverses, un léger décollement placentaire, insuffisant pour provoquer la mort et l'expulsion

du fœtus, mais qui retarde souvent son développement. De tels décollements sont annoncés par la montée de lait passagère, et sont, soit la cause, soit la conséquence, d'une baisse de la folliculinémie cessant de freiner l'action galactogène anté-hypophysaire. Leur pourcentage explique le petit nombre des juments qui s'immunisent. Un utérus ainsi rendu fragile aura par la suite tendance à se décoller à nouveau du chorion lors de gestations postérieures. L'immunisation de la jument se trouvera alors renforcée; mais sans un tel incident, la jument tachée de jaunisse peut très bien avoir un produit sain, ce que l'on observe parfois.

2° Le passage d'anticorps anti-mulet peut exceptionnellement se produire de la jument au fœtus avant la naissance, ou au moment de l'accouchement quand le chorion se détache prématurément. Dans de tels cas, l'ictère est précoce. Mais, dans la plupart des cas, le passage transplacentaire d'anticorps n'a pas lieu, et le muleton ingère ces derniers avec le colostrum et le premier lait; on sait que son intestin est alors très perméable aux protéides. Le danger d'ictère cesse quand le taux des anticorps est tombé dans le lait, et que la muqueuse intestinale du jeune a perdu de sa perméabilité. En général ce moment est atteint en 2 jours au moins et 5 jours au plus. Il s'ensuit une méthode de prophylaxie de l'ictère du muleton qui, mise en pratique, s'est révélée très efficace.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La délégation française à l'Assemblée du *Conseil international des Unions scientifiques* qui doit se tenir à Copenhague du 14 au 16 septembre 1949 dans les locaux de l'*Académie Royale de Danemark*, est constituée ainsi qu'il suit : *Mathématiques :* MM. **Émile Borel**, **Gaston Julia**; *Mécanique :* M. **Joseph Pérès**; *Astronomie :* M. **André Danjon**; *Géographie :* M. **Emmanuel de Martonne**; *Géodésie et Géophysique :* M. **Pierre Tardi**; *Physique :* MM. **Jean Cabannes**, **Pierre Fleury**; *Radiotélégraphie :* MM. **Camille Gutton**, **Pierre Lejay**; *Chimie :* M. **Raymond Delaby**; *Géologie :* M. **Paul Fallot**; *Cristallographie :* M. **Jean Wyart**; *Sciences biologiques :* MM. **Louis Blaringhem**, **Louis Fage**, **Albert Demolon**, **Paul Vayssière**.

La séance est levée à 16h.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MAI 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Jacques F. Cox**, Professeur d'astronomie à l'Université libre de Bruxelles, **Kirkwood**, Membre de l'Académie Nationale des États-Unis, qui assistent à la séance.

M. **Jean Chazy** rend compte des Cérémonies qui ont eu lieu à Caen, le 21 mai, et à Beaumont-en-Auge, le 22, à l'occasion du deux-centième anniversaire de la naissance de Laplace.

BOTANIQUE. — *La mutation de la Cymbalaire de Touton et l'hérédité des tératomes provoqués par les viroses et bactérioses* (1). Note (*) de M. **Auguste Chevalier**.

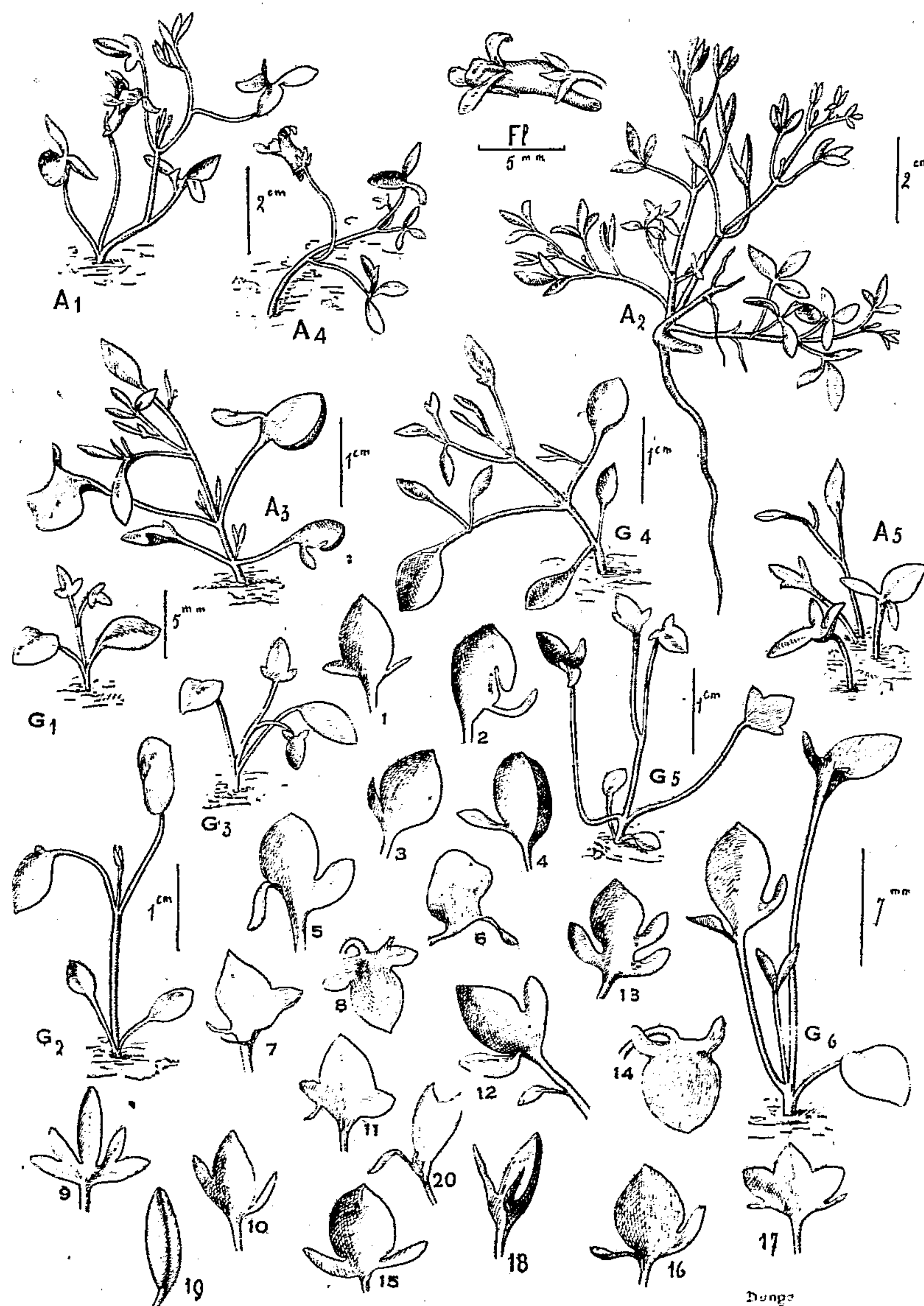
Sur le *Cymbalaria toutoni*, cultivé en 1949 au Muséum à Paris, les fleurs ne sont plus que très rarement anormales quoique très distinctes de celles de *C. muralis*; la capsule et les graines sont également très normales de même que les plantules qui présentent des caractères spécifiques spéciaux dès l'épanouissement des deux cotylédons déjà distincts de ceux de *C. muralis*. Les formes gazonnantes qui se développent au printemps sur les stolons cachés entre les pierres présentent aussi des caractères très particuliers. Elles ont des feuilles petites, un peu charnues, profondément trilobées ou même trifoliolées, parfois réduites à une seule petite foliole entière lancéolée aiguë. L'examen de la figure ci-jointe due à Mlle L. Dongé montre en détail tous ces caractères. La seule anomalie qui ait persisté est l'existence fréquente sur les bords des lobes des feuilles, ou même sur les pétioles de petits appendices linéaires ou oblongs,

---

(*) Séance du 9 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1077, 1167 et 1537.

très irrégulièrement répartis qui rappellent les *énations* que l'on observe sur



Cymbalaria toutoni et ses anomalies foliaires. — A_1 à A_5. Forme gazonnante printanière à pousses se développant en mars-avril dans les fentes des murailles sur des tiges anciennes qui se sont insinuées entre les pierres à l'automne et ont ainsi résisté à l'hiver. — A_4. Une de ces pousses cultivée en pot et ayant produit fin avril une fleur Fl presque normale. — G_1 à G_6. Germinations de *C. toutoni* à différents stades, en G_1 les deux cotylédons qui viennent de s'épanouir sont déjà lancéolés et non cordés à la base comme dans le type; en G_4 et G_5 on voit déjà des feuilles en cupule. 1 à 20. Différentes formes de feuilles sur des adultes et sur des plantules; les feuilles 2, 4, 6, 18 sont en cupule ou en cuiller et ont probablement été contaminées par un nouveau virus apporté par la mouche. 19. Feuille pliée en double ourlet et probablement virosée.

diverses plantes annuelles atteintes d'un virus (Tomate, Épinard, Tabac, etc.).

Récemment, J. Cuzin, Fazdy et D. Schwartz ont signalé (²) l'existence dans *Nicotiona tabacum* d'un tératome foliaire héréditaire caractérisé par la présence d'énations à la face inférieure des feuilles sur la lignée 701 Berg, d'origine supposée mutante. Or, des énations semblables apparaissent quand on inocule à un jeune plant normal de tabac le virus n° 1 du tabac. On est donc fondé à conclure que les virus peuvent provoquer l'apparition de tératomes héréditaires et vraisemblablement aussi de nouvelles espèces mutées également héréditaires.

Il est à remarquer que les maladies à virus, les bactérioses végétales et les mutations vriesiennes qui en seraient la conséquence s'observent exclusivement sur des plantes dépaysées (espèces cultivées, rudérales ou naturalisées), vivant loin de leur pays d'origine dans des conditions non naturelles. Tel est le cas des Œnothers, des Cymbalaires, du Tabac et d'un grand nombre d'autres plantes sur lesquelles ont été signalées des mutations ou des variations de bourgeons.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Loi générale de l'action du courant électrique en fonction du temps sur la matière vivante.* Note de M. **Louis Lapicque** et Mme **Marcelle Lapicque.**

Si l'on détermine en fonction de la durée de passage, l'intensité du courant constant nécessaire pour atteindre le seuil de l'excitation, on observe une loi semblable sur les objets physiologiques les plus divers, qu'ils appartiennent aux animaux, aux végétaux ou aux protozoaires.

Cette constatation s'est imposée à nous de bonne heure, et tout au long de nos recherches pendant plus de quarante ans, elle n'a fait que se confirmer.

Sur le nerf sciatique moteur du muscle gastrocnémien, chez la Grenouille, il nous avait paru d'abord que nous retrouvions pour la quantité liminaire en fonction du temps la loi linéaire affirmée par Hoorweg puis Weiss. Mais nous n'avons pas tardé à nous apercevoir que cette linéarité n'était qu'une approximation, la courbe précise comportant entre 2 et $0{,}3 . 10^{-3}$, temps les plus courts que nous pussions atteindre, une concavité vers l'axe des temps. Chez le Crapaud, qui est plus lent que la Grenouille, cette courbure est plus apparente.

Étudiant alors systématiquement des tissus contractiles beaucoup plus lents, pris chez des Invertébrés, nous avons obtenu pour des temps de l'ordre du centième ou du dixième de seconde, des courbes fortement concaves dans le même sens (1903).

Cette allure est intéressante parce qu'elle s'accorde avec la condition d'efficacité $it = K\sqrt{t}$ (i, l'intensité; t, le temps; K, une constante propre à l'expérience), déduite par Nernst de sa théorie physicochimique de l'excitation.

(²) *Ann. Inst. Pasteur*, 1947, et *Revue scientifique*, 1948, p. 141.

C'est même Nernst qui, en publiant sa théorie (1908), a relevé cet accord, citant à l'appui une de nos expériences sur l'aplysie. Quant à nous, considérant l'ensemble de nos chiffres, nous opposions à cette formule des écarts systématiques considérables; si l'expérience qui avait frappé Nernst présentait d'un bout à l'autre un accord excellent, c'est qu'elle avait été, fortuitement, limitée à des durées inférieures au dixième de seconde. Dans les expériences où l'on avait atteint la seconde, la courbe de quantité se relevait de façon à dessiner une S retournée.

Ceci est la forme générale de la loi, les deux courbures inverses étant situées sur l'échelle des temps en des régions homologues par rapport à chaque excitabilité (1). Cette généralité, condition d'une comparaison des chronaxies, n'était pas pour nous évidente *a priori*; et même, d'un muscle à son nerf moteur, deux tissus si dissemblables à tout point de vue, elle nous avait paru bien douteuse; indépendamment de la question d'isochronisme, nous avons tenu à la mettre hors de doute (1906) en faisant intervenir le curare, qui, suivant l'expression de Claude Bernard, « établit l'indépendance de l'irritabilité musculaire ».

Sur le pneumogastrique, nerf d'arrêt du cœur, traçant (avec Meyerson) la courbe capacité-voltage, nous avons retrouvé la même forme (1912). Pour le cas du nerf centripète, dans le réflexe, il nous a paru nécessaire d'assurer la même critique préalable (1912). Le muscle lisse de Vertébré (estomac de Grenouille) nous a donné une courbe intensité-temps superposable à celle du manteau de l'Aplysie et du pied de l'Escargot. Le cœur, tissu musculaire dont le fonctionnement est si particulier, donne pourtant la même courbe, ce qui légitime la comparaison de sa chronaxie à celle du gastrocnémien (avec C. Veil, 1949).

Ainsi, tous les tissus animaux nous ont présenté pour la condition d'efficacité une certaine relation entre l'intensité et le temps de passage, relation que nous avons jadis appelée loi générale de l'excitabilité électrique. Mais cette même loi est valable pour la rétraction du style de la Vorticelle (avec Fauré-Frémiet, 1913); pour l'abaissement de la feuille de la Sensitive dont on stimule le coussinet moteur (1927-1938); pour la rétraction intracellulaire du filament chlorophyllien des Spirogyres (1922).

Or, le mécanisme de ces réactions, essentiellement différent de celui d'une contraction musculaire, consiste dans une diminution de la consistance et de la perméabilité du protoplasma; il en est de même pour la réaction électrique d'un épiderme végétal et de n'importe quel tissu banal que A. Waller a complaisamment étudiée sous le nom de *Blaze-Current*. Avec D. Auger (1927)

(1) Le renversement se situe vers trois ou quatre chronaxies. Dans les temps beaucoup plus brefs, se produit un renversement inverse (Philippe Fabre, 1934; Rosenberg et l'école de Hill, 1935), d'un grand intérêt théorique, mais que nous laisserons de côté dans ce qui suit.

nous avons constaté que la mise en jeu de ce mécanisme s'effectue encore suivant la loi générale (2).

Enfin, récemment, nous avons comparé à ce point de vue les deux formes d'excitabilité musculaire distinguées par K. Lucas il y 40 ans sous les désignations d'alpha et de gamma; elles diffèrent par leur constante de temps dans un rapport qui est souvent de 1 à 100 et peuvent se révéler l'une après l'autre dans une même expérience comprenant une gamme suffisante de durées. La courbe se compose alors de deux arcs parfois entièrement distincts, gamma, dans l'ordre des millièmes, alpha, dans celui des centièmes de seconde, (muscle de Grenouille). Chacun de ces arcs pour son compte suit parfaitement notre loi générale (3).

Après de multiples discussions, il a été reconnu, grâce aux travaux successifs de Fessard (4), puis de Paul et Monique Benoit (5), qu'il s'agit de phénomènes différents, l'effet gamma étant une réponse simple, *secousse*, comme dans le cas le plus ordinaire des recherches d'excitabilité, tandis que l'effet alpha est une réponse multiple, *tétanique*. Suivant la conception de Fessard à laquelle nous nous rallions, cet effet alpha est, non une stimulation déclenchant une réaction, mais l'établissement d'un état du protoplasma que Fessard appelle *activation*, caractérisé par l'émission spontanée de courants d'action rythmiques. Sans entrer plus avant dans l'analyse de cet état d'activation, on voit qu'il est à rapprocher des phénomènes que nous avons ci-dessus mentionnés à part des excitabilités animales. Comme les uns et les autres, il obéit au courant constant en fonction du temps suivant la même courbe en S retournée qui apparaît ainsi plus que jamais comme loi générale, ne disons plus de l'excitation, mais de l'action du courant électrique sur la matière vivante.

La formule de Nernst affectée d'un décrément exponentiel

$$Q = K\sqrt{t} \times e^{-\frac{t}{z}}$$

z étant égal à 20 fois la chronaxie, traduit très convenablement la courbe expérimentale avec ses deux inflexions (6). A la base du raisonnement qui a amené Nernst à faire intervenir le temps à la puissance 1/2, il avait mis des conditions géométriques particulières; dans l'ensemble que nous venons de voir, les conditions géométriques sont quelconques. La loi de la racine carrée reste valable parce qu'il s'agit simplement de la loi de diffusion, comme dans l'échauffement d'un vase plein d'eau au-dessus d'un bec de gaz; l'homologue de

(2) Références des travaux ci-dessus dans L. Lapicque, *La chronaxie et ses applications physiologiques*, Paris, 1938.

(3) L. Lapicque, *L'isochronisme neuromusculaire et l'excitabilité rythmogène*, Paris, 1946.

(4) *Propriétés rythmiques de la matière vivante*, Paris, 1936.

(5) *Soc. de Biol.*, 122, 1936, p. 649.

(6) L. Lapicque, *Soc. de Biol.*, 117, 1934, p. 579.

l'échauffement est ici vraisemblablement le changement de polarisation superficielle que les électrophysiologistes modernes désignent du terme discutable d'électrotonus. L'excitation proprement dite, s'il y a lieu, survient à un certain niveau d'altération comme l'ébullition à une certaine température.

CHIMIE ALIMENTAIRE. — *Sur les causes de la variation de teneur des vins en rubidium.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Didier Bertrand**.

Dans une série de 22 échantillons de vins purs et d'origines certaines, nous avons trouvé de $0^{mg},22$ à $4^{mg},16$ de rubidium par litre. En rangeant ces vins d'après leur teneur croissante en métal alcalin, il est apparu en outre que les vins rouges renferment ordinairement deux à trois fois plus de rubidium que les vins blancs (1).

A quelles causes peuvent tenir ces différences ?

Si le vin était un produit direct et exclusif du raisin, il n'y aurait à chercher ces causes que dans la variation de la composition chimique du raisin, suivant la variété à laquelle il appartient, la nature du sol qui le nourrit, les influences climatiques qu'il a dû subir. Mais le vin est, en même temps, un produit de transformation provoquée par l'homme et, cela, d'après des méthodes qui changent non seulement d'une région à une autre, mais, dans une région, suivant la volonté d'obtenir, parfois même avec des grains à peau colorée soit un vin blanc, soit un vin plus ou moins rouge.

Pour avoir une première idée de l'importance de la variation de composition des raisins, nous avons analysé des grains entiers provenant de quatre échantillons d'origine française, de belle qualité, vendus à Paris. Nous avons analysé aussi un raisin de dessert préparé par dessiccation, sans pépin, à peau fine, connu sous le nom de raisin d'Alexandrie, qui nous a été rapporté d'Égypte. Nous avons trouvé :

Désignation des raisins.	Matière sèche (%).	Cendres mat. sèc. (%).	Par kg de matière sèche. K (g).	Na (g).	Rb (mg).
Blanc dit de Thomery.......	16,0	1,86	7,2	0,09	2,00
» » la Montagne....	18,8	2,52	8,3	0,04	2,78
» » Moissac........	20,8	2,97	8,9	0,07	4,36
Rouge dit Olivette.........	17,9	2,60	13,4	0,01	9,05
Blanc dit d'Alexandrie......	76,4	1,77	8,2	0,08	5,38

On ne peut tirer de règle générale et définitive d'un nombre aussi restreint d'analyses, mais on peut déjà remarquer que la teneur en rubidium des grains de raisin a varié de 2 à 9 mg/kg de matière sèche, ce qui suffit pour retenir la

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1461.

différence de composition des raisins parmi les causes de variation de la teneur des vins en rubidium. On remarquera en outre que l'échantillon de raisin rouge est de beaucoup le plus riche, contenant près du double de la quantité de rubidium contenue dans l'échantillon de raisin blanc le plus avantagé à ce point de vue.

Pour savoir si la méthode de vinification intervenait à son tour dans la teneur en rubidium du produit obtenu, nous avons effectué l'expérience suivante :

Un lot de grains de raisin (dit de la Montagne), détachés à la main des pédoncules ramifiés ou rafles ([2]) qui les portent dans la grappe, a été soumis à l'action d'une forte presse à vis ; on a séparé ainsi 1276^g de moût sucré et il est resté 180^g de marc formé par les peaux et les pépins.

Aussitôt extrait (1er novembre 1947), le moût a été additionné d'un centimètre cube d'une culture de levure (St-Émilion) et, après répartition homogène, on l'a divisé en deux parties égales dans des matras A et B. On a laissé tel quel le moût en A et l'on a ajouté à celui contenu en B la moitié des rafles et la moitié du marc ; puis, le col des matras étant simplement fermé par un capuchon de papier à filtre, on a abandonné à la fermentation dans une pièce du laboratoire maintenue à $+19\text{-}20^\circ$.

En A, la fermentation est apparue avec lenteur et s'est prolongée longtemps. En B, au contraire, elle s'est manifestée avec vigueur et s'est terminée rapidement. On peut dire que la fermentation a duré une vingtaine de jours dans le premier cas et seulement 7 à 8 dans le second.

Après une semaine, on a agité le contenu des matras et on l'a transvasé dans des flacons (A_1 et B_1) de 250^{cm^3}, munis de capuchons à vis et préalablement stérilisés. Dans cette opération, on a eu soin de passer le contenu de B à travers un entonnoir de porcelaine à plaque perforée, pour séparer le mélange de rafles, de peaux et de pépins.

Il s'est déposé, de part et d'autre, un précipité grisâtre ou lie relativement dense, surnagé en A_1 par un liquide faiblement coloré en jaune paille, un peu trouble, et en B_1 par un liquide plus coloré, jaune orangé, plus trouble que le précédent. La fermentation s'est poursuivie doucement, de plus en plus lente, dans les premiers flacons durant un peu plus de deux semaines, tandis qu'elle était visiblement achevée dans les seconds. Le vin s'est lentement dépouillé des substances qu'il tenait en suspension, mais pas d'une manière aussi complète dans celui obtenu par la fermentation en présence de rafles, de peaux et de pépins que dans le vin préparé avec le moût seul. Tandis que celui-ci avait acquis une limpidité parfaite après 2 à 3 mois, l'autre possède encore aujourd'hui une légère opalescence.

([2]) Râpes en d'autres régions.

Nous avons procédé à l'analyse comparative de ces deux vins, âgés de dix huit mois. Les chiffres ci-dessous, rapportés au litre, ont été obtenus :

Nature des vins.	Cendres (g).	K (g).	Na (g).	Rb (mg).
Obtenu avec le moût seul	1,45	0,49	0,006	0,36
Obtenu en présence des peaux, des rafles et des pépins.	1,91	0,98	0,007	0,60

Pour bien comprendre ce qui s'est passé dans l'expérience décrite ci-dessus, il faut observer qu'au cours de la fermentation alcoolique d'un raisin il n'y a pas simplement dissolution de la matière colorante contenue dans la peau par l'action de l'alcool formé, il y a aussi plasmolyse plus ou moins avancée des tissus qu'on laisse, volontairement ou involontairement dans le jus sucré. Les pépins, protégés par un tégument épais et fortement lignifié, résistent beaucoup à cette plasmolyse, mais il n'en est pas de même des rafles et des peaux qui ne tardent pas à échanger leurs produits solubles avec le liquide dans lequel elles sont plongées. Si donc on trouve moins de rubidium dans un vin préparé avec le jus seul des grains de raisin que dans celui qui est obtenu en présence des rafles et des peaux c'est qu'il doit y avoir davantage du métal alcalin dans ces dernières parties de la grappe que dans le moût seul.

Nous avons vérifié qu'il en est bien ainsi par l'analyse comparée de la chair, de la peau, des pépins et des pédoncules de trois des raisins qui figurent au tableau rapporté au début de ce travail. Voici les chiffres que nous avons trouvés :

	Matière sèche.		Par kg de matière sèche.		
	(%).	Cendres (%).	K (en g).	Na (en g).	Rb (en mg).
		Raisin dit de la Montagne.			
Grains entiers	18,75	2,52	8,3	0,038	2,78
» épépinés	18,1	2,08	9,75	0,044	2,69
Chair	17,6	2,21	7,5	0,35	2,2
Peaux	24,2	4,44	21,5	0,114	11,9
Pépins	70,8	4,81	4,95	0,026	1,24
Rafles	25,0	7,66	28,0	0,41	7,25
		Raisin dit de Moissac.			
Grains entiers	20,8	2,97	8,9	0,068	4,36
Chair	19,8	2,91	9,0	0,065	4,2
Peaux	25,2	3,86	12,2	0,0805	6,8
Pépins	69,4	2,88	3,04	0,089	3,61
Rafles	51,6	10,1	31,7	0,196	6,18
		Raisin dit Olivette.			
Grains entiers	17,95	2,60	13,4	0,11	9,05
Chair	–	2,02	11,4	0,11	9,05
Peaux	–	7,0	35,9	0,158	13,5
Pépins	68,4	2,64	3,77	0,032	2,78
Rafles	29,9	13,17	52	0,269	16,3

En résumé, la variation de teneur des vins en rubidium tient à deux causes principales : la première, comme on devait s'y attendre, est liée à la composition chimique des raisins; la seconde dépend de la méthode de vinification. Les peaux et les pédoncules du raisin étant plus riches en matières sèches et en rubidium que la chair, le vin préparé avec du moût seul contient une proportion moindre du métal alcalin que celui obtenu avec la totalité du grain ou de la grappe.

M. **Roger Heim** fait hommage du Traité de Pathologie végétale : *Les Champignons parasites des plantes cultivées*, publié par M. Georges Viennot-Bourgin, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Pierre-Paul Grassé** présente le tome IX : *Insectes. Paléontologie-Géonémie. Insectes inférieurs. Coléoptères*, du *Traité de Zoologie* publié sous sa direction.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Émile Borel**, **Aimé Cotton**, **Ernest Esclangon**, pour la Division des Sciences mathématiques, **Hyacinthe Vincent**, **Maurice Caullery**, **Robert Courrier**, pour la Division des Sciences physiques, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président, dressera la liste des candidats à la place d'Associé étranger, vacante par le décès de M. *Godfrey Harold Hardy*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire de Physique appliquée aux sciences naturelles, vacante au Muséum National d'Histoire naturelle.

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

L'Académie est informée de la réunion à Stockholm, en juillet 1950, du **VIIe Congrès international de Botanique**.

Le Président et le Secrétaire général de l'**Association Française pour l'Avancement des Sciences** annoncent que le 68e Congrès de cette Association se tiendra à Clermont-Ferrand, du 15 au 21 juillet 1949, et invite l'Académie à s'y faire représenter.

L'Académie est informée de la réunion à Saint-Étienne, du 17 au 22 juin 1949, du **Xe Congrès National d'habitation et d'urbanisme**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° International Council of scientific Unions. *Report of the executive Committee* 1948.

2° Encyclopédie biogéographique et écologique. V. *Recherches écologiques sur le littoral de la Manche*, par JEAN JACQUET.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la notion de fonction analytique*. Note de M. **CONSTANTIN DRAMBA**, présentée par M. Jean Chazy.

On peut étendre de différentes manières la notion de fonction analytique dans l'espace à n dimensions ([1]), où n est un nombre entier supérieur à 2.

Nous envisageons ici une extension fondée sur l'équation binome

$$\varepsilon^n + 1 = 0,$$

de sorte que le nombre complexe ε est l'une des n racines de cette équation. Nous considérons un point $x_1, x_2, \ldots, x_n$ de l'espace à n dimensions, et son affixe

$$\omega = x_1 + \varepsilon x_2 + \varepsilon^2 x_3 + \ldots + \varepsilon^{n-1} x_n.$$

Les conditions suffisantes établies plus loin sont également nécessaires, puisque nous imposons aux définitions en question de rester valables lorsque nous substituons successivement à ε toutes les racines ε_i de l'équation binome. Ainsi le nombre ω s'annule seulement lorsque $x_1, x_2, \ldots, x_n$ sont tous nuls, car les n équations correspondantes constituent un système algébrique linéaire et homogène dont les coefficients forment un déterminant de Vandermonde, évidemment différent de zéro.

1° Soit en premier lieu l'expression

$$F = X_1 + \varepsilon X_2 + \varepsilon^2 X_3 + \ldots + \varepsilon^{n-1} X_n,$$

où les composantes X_i sont des fonctions réelles des variables réelles x_i. Cette expression admet une dérivée, $dF/d\omega$, qui ne dépend pas de la façon dont les dx_i tendent vers zéro, si les fonctions X_i possèdent des dérivées partielles du premier ordre, et si en tous les points d'un domaine D sont vérifiées les $n(n-1)$ conditions

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{\partial X_1}{\partial x_1} = \dfrac{\partial X_2}{\partial x_2} = \ldots = \dfrac{\partial X_n}{\partial x_n}, \\ -\dfrac{\partial X_n}{\partial x_1} = \dfrac{\partial X_1}{\partial x_2} = \ldots = \dfrac{\partial X_{n-1}}{\partial x_n}, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ -\dfrac{\partial X_2}{\partial x_1} = -\dfrac{\partial X_3}{\partial x_2} = \ldots = \dfrac{\partial X_1}{\partial x_n}, \end{array}\right.$$

([1]) *Voir*, pour la bibliographie, GR. MOISIL, *Sur un algorithme généralisant la théorie des fonctions monogènes, qui peut être utile pour l'intégration des équations aux dérivées partielles d'ordre supérieur.*

qui sont l'extension évidente des deux conditions classiques de Cauchy. On peut dire alors que la fonction F est analytique dans le domaine D, ou bien, par analogie, que F est fonction de la variable ω.

2° Dans la fonction analytique classique $f(x+iy) = P + iQ$, les fonctions P et Q vérifient l'équation de Laplace à deux variables

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y_2} = 0, \qquad \text{ou} \qquad \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \\ -\frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{vmatrix} U = 0:$$

de même ici les fonctions X_i vérifient une équation aux dérivées partielles, linéaire et homogène d'ordre n, que nous écrivons au moyen d'un déterminant symbolique

$$(2) \qquad \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_n} \\ -\frac{\partial}{\partial x_n} & \frac{\partial}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -\frac{\partial}{\partial x_2} & -\frac{\partial}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_1} \end{vmatrix} U = 0.$$

Les éléments symétriques par rapport à la diagonale secondaire sont égaux. Pour $n = 3$ et avec la notation $\omega = x + \varepsilon y + \varepsilon^2 z$, le développement du déterminant donne l'équation

$$\frac{\partial^3 U}{\partial x^3} - \frac{\partial^3 U}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial z^3} + 3\frac{\partial^3 U}{\partial x\,\partial y\,\partial z} = 0.$$

Les considérations précédentes permettent d'intégrer en termes finis l'équation (2).

3° Dans le même ordre d'idées, nous remarquons l'analogie existant entre la formule d'Euler $e^{ix} = \cos x + i \sin x$ avec $i^2 + 1 = 0$, et ici la décomposition

$$e^{\varepsilon x} = S_1(x) + \varepsilon S_2(x) + \ldots + \varepsilon^{n-1} S_n(x).$$

Les fonctions $S_i(x)$ admettent des formules d'addition et de multiplication que nous avons données ailleurs ([2]), et vérifient la relation fondamentale

$$(3) \qquad \begin{vmatrix} S_1 & S_2 & \ldots & S_n \\ -S_n & S_1 & \ldots & S_{n-1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -S_2 & -S_3 & \ldots & S_1 \end{vmatrix} = 1,$$

qui est l'extension de la relation

$$\cos^2 x + \sin^2 x = \begin{vmatrix} \cos x & \sin x \\ -\sin x & \cos x \end{vmatrix} = 1.$$

([2]) *Société roumaine de Mathématiques*, séance du 26 janvier 1948.

Pour $n = 3$, les fonctions $S(x)$ ont été signalées par Villarceau comme solutions de l'équation différentielle $S''' + S = 0$; pour n quelconque, elles satisfont de même à l'équation

$$S^{(n)} + S = 0.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Note sur les zones d'inégale luminosité observées dans certaines visualisations d'écoulements.* Note (*) de MM. **Joseph-Maurice Bourot** et **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

Les fines particules, mises en suspension dans un écoulement pour le visualiser, donnent sur le cliché, lorsque leur nombre, leur vitesse et le temps de pose sont suffisants, l'apparence d'un nuage. Mais, si les particules sont lamellaires et l'éclairage dirigé, ce nuage présente, d'une région à l'autre du champ exploré, des parties claires et des parties sombres souvent très marquées. Pourtant le nombre de particules par unité de volume reste constant : les variations de la brillance apparente du nuage résultent d'une orientation organisée. Des effets de même nature avaient été mis en évidence par des particules individuelles dans des expériences antérieures ([1]) et la théorie en a été donnée par l'un de nous ([2]).

Nous abordons ici l'évaluation de la brillance statistique du nuage, dans le cas d'un écoulement permanent plan irrotationnel, uniforme à l'infini. On trouve alors comme structure virtuelle ([2]), rapportée au trièdre de Frenet de la ligne de courant

$$u = \frac{dV}{ds}x + 2\frac{V}{R}y, \qquad v = -\frac{dV}{ds}y, \qquad w = 0.$$

V, vitesse; s, R, arc et rayon de courbure de la ligne de courant; d'où l'on tire par intégration la loi d'évolution d'une particule

$$(1) \quad p_2 = A p_1, \qquad q_2 = \frac{q_1}{A} - B p_1, \qquad r_2 = r_1 \qquad \text{avec } A = \frac{V_1}{V_2}, \qquad B = 2 V_1 V_2 \int_1^2 \frac{d\delta}{V_2},$$

δ est l'angle polaire de la vitesse; p, q, r sont les paramètres directeurs de la normale à la lamelle, dont les indices 1 et 2 désignent deux positions successives.

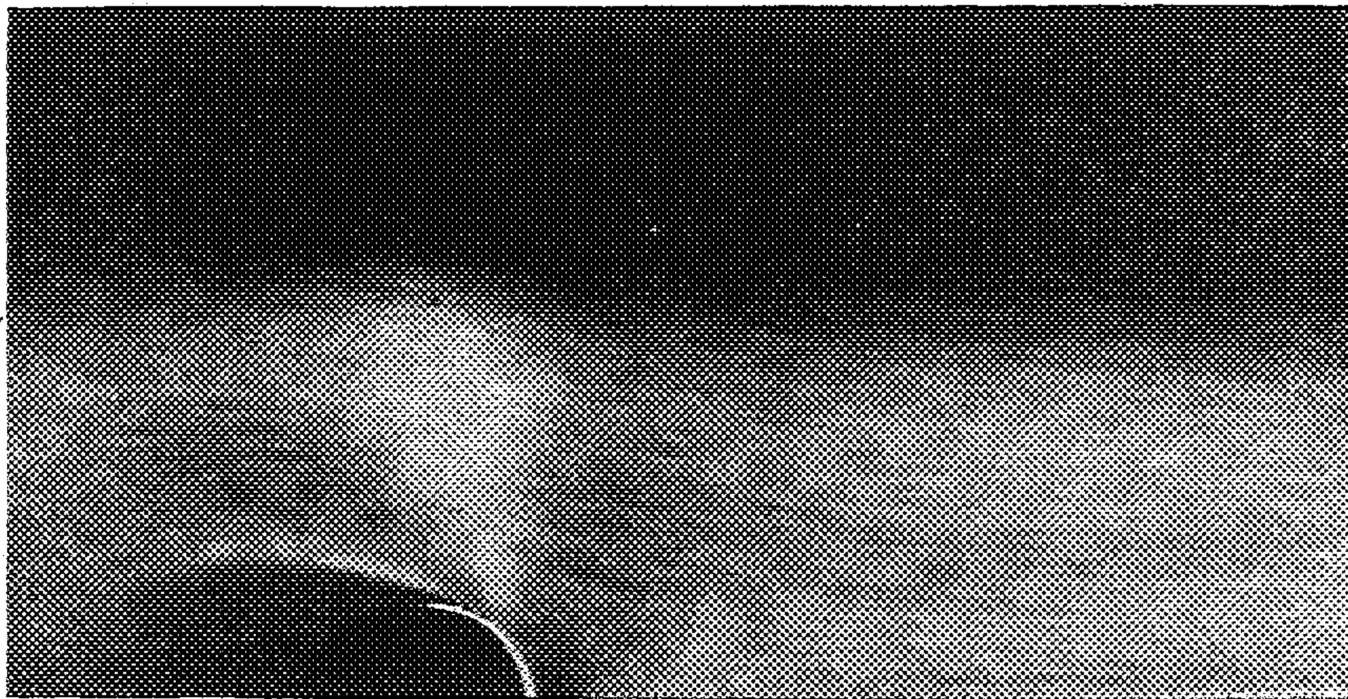
Une particule envoie sur l'objectif un flux lumineux d'autant plus grand que sa normale est plus voisine de la *direction privilégiée*, bissectrice des directions d'observation et d'éclairement. Nous étudions, dans toutes les régions du nuage, la répartition des normales selon les diverses directions de l'espace,

(*) Séance du 9 mai 1949.

([1]) C. Chartier, *Pub. Sc. et Techn. du Ministère de l'Air*, n° 178.

([2]) J.-J. Moreau, *Sur les rotations d'une particule solide entraînée dans un écoulement* (Congrès National de l'Aviation Française, 1946).

c'est-à-dire le taux T_S de particules dont la normale est contenue dans un petit angle solide environnant chacune de ces directions S. La distribution des orientations, uniforme à l'infini amont, y définit un taux constant que nous prenons pour unité, et le calcul de T_S se ramène à celui de la dilatation d'angle



Zones d'inégale luminosité dans l'écoulement autour d'un cylindre.
Rayon du cylindre : $0^{cm},75$. Vitesse générale : 30 m/s. Poudre d'aluminium de coefficient K = 50 000.

solide qui résulte de la correspondance géométrique (1). On peut représenter ses variations, en fonction de S, en portant sur cette direction la longueur $\sqrt[3]{T_S}$. On obtient un ellipsoïde E : le plan de l'écoulement est un plan principal, et les deux demi-axes correspondants ont des longueurs inverses; le troisième est égal à 1. Ces propriétés permettent la détermination rapide des ellipsoïdes E, et par suite une discussion facile de la répartition des taux.

En première approximation, posons que la brillance apparente du nuage est liée au nombre de particules dont la normale se trouve dans un cône de révolution Γ, axé sur la direction privilégiée et d'angle à déterminer expérimentalement. Ce nombre, intégrale du taux, se relie au volume découpé par Γ dans l'ellipsoïde E; une méthode simple nous en permet l'évaluation.

Nous avons fait l'application au potentiel de Laplace, qui représente bien la partie amont de l'écoulement réel autour d'un cylindre de révolution. L'expérience s'accorde avec nos calculs, compte tenu d'une légère influence du sillage, prévisible qualitativement. Près du point d'arrêt, on observe une région sombre : presque toutes les particules y ont pris une orientation frontale, et sont peu visibles. Cela explique que les clichés chronophotographiques soient en général, moins explicites au voisinage immédiat d'un point d'arrêt.

L'étude de ce cas complètement calculable corrobore notre théorie de la brillance apparente reliée à la structure d'un champ de vitesses. La considération de cette brillance s'est révélée d'une manière générale, un moyen d'investigation précieux. Pour des écoulements non plans, elle nous a permis de

déceler d'emblée, sur une seule photographie, certains caractères que la méthode chronophotographique elle-même n'aurait pu révéler que par la comparaison quantitative de plusieurs clichés.

MÉCANIQUE DE FLUIDES. — *Sur certaines propriétés du rotationnel d'un champ vectoriel qui est nul sur la frontière de son domaine de définition.* Note (*) de M. RATIP BERKER, présentée par M. Joseph Pérès.

M. Kampé de Fériet a montré ([1]) que si les deux dérivées partielles du premier ordre d'une fonction $\psi(x, y)$ définie dans un domaine plan borné Δ sont nulles sur la frontière du domaine, le Laplacien de $\psi(x, y)$ est orthogonal dans Δ à toute fonction harmonique. Bien entendu le domaine Δ et la fonction ψ doivent satisfaire à certaines conditions de régularité. Ce résultat a une interprétation hydrodynamique immédiate : étant donné un fluide visqueux incompressible occupant Δ, le tourbillon est orthogonal dans Δ à toute fonction harmonique. Dans la présente Note je me propose de donner pour le cas d'un domaine borné non plus plan mais spatial, quelques résultats analogues à celui énoncé ci-dessus. Bien que ces résultats s'appliquent à tout champ vectoriel dont la divergence est nulle dans Δ et qui est nul lui-même sur la frontière de Δ, j'emploierai le langage de l'hydrodynamique.

Soit Δ un domaine spatial borné, simplement connexe, limité par une surface régulière S qui représente une paroi solide fixe. Le domaine Δ est occupé par un fluide visqueux incompressible dont le champ des vitesses est $\vec{V} = \vec{V}(x, y, z, t)$. En dehors des conditions de régularité (qui seront précisées) $\vec{V}$ est supposé satisfaire aux seules hypothèses suivantes : 1° $\vec{V} = 0$ sur S (adhérence à la paroi); 2° $\operatorname{div}\vec{V} = 0$ dans Δ (incompressibilité du fluide). (Cette deuxième hypothèse n'est pas nécessaire pour la légitimité du théorème II.) Les équations du mouvement ne sont pas utilisées : il n'est donc pas nécessaire que $\vec{V}$ représente un mouvement dynamiquement acceptable. Nous dirons qu'un champ vectoriel défini dans $\Delta + S$ satisfait respectivement aux conditions A, B, C si : 1° ses composantes; 2° ses composantes et leurs dérivées partielles du premier ordre par rapport à x, y et z; 3° ses composantes et leurs dérivées partielles des deux premiers ordres par rapport à x, y et z sont continues dans $\Delta + S$.

THÉORÈME I. — *Soient* $\vec{V}$ *un champ de vitesses satisfaisant aux conditions* B *et* $\vec{a}$ *un champ vectoriel défini dans* $\Delta + S$ *et satisfaisant aux conditions* C; *supposons*

(*) Séance du 16 mai 1949.

([1]) *Mathematics Magazine*, 21, 1947-1948, p. 74-79.

en outre que $\vec{a}$ soit un champ harmonique et solénoïdal, autrement dit qu'il vérifie les deux équations $\Delta_2 \vec{a} = 0$ et $\operatorname{div} \vec{a} = 0$; alors le tourbillon $\vec{\omega}$ du champ des vitesses $\vec{V}$ est orthogonal à $\vec{a}$ dans Δ, c'est-à-dire que l'on a

$$\int_\Delta \vec{a}.\vec{\omega}\, d\tau = 0.$$

THÉORÈME II. — *Soient $\vec{V}$ un champ de vitesses et $\vec{a}$ un champ vectoriel satisfaisant tous deux aux conditions* B; *supposons en outre que $\vec{a}$ soit un champ lamellaire, c'est-à-dire que l'on ait $\vec{a} = \overrightarrow{\operatorname{grad}} f$; nous ne supposons plus, par contre, que le fluide soit incompressible; alors le tourbillon $\vec{\omega}$ est orthogonal à $\vec{a}$ dans Δ.* On déduit de ce théorème, entre autres, les conséquences suivantes :

$$\int_\Delta \vec{\omega}\, d\tau = 0, \qquad \int_\Delta \vec{\omega}.\vec{r}\, d\tau = 0;$$

$\vec{r} = \overrightarrow{\mathrm{OP}}$ désigne le vecteur joignant le point courant P à un point fixe O arbitraire.

THÉORÈME III. — *Soient $\vec{V}$ un champ de vitesses satisfaisant aux conditions* B *et $\vec{a}$ un champ vectoriel satisfaisant aux condition* A; *supposons en outre que $\vec{a}$ soit un champ lamellaire; alors $\vec{V}$ est orthogonal à $\vec{a}$ dans Δ.* On déduit de ce théorème le corollaire suivant : *si $\vec{a}$ et $\vec{V}$ satisfont tous deux aux conditions* B, *on a*

$$\int_\Delta \frac{\partial \vec{a}}{\partial \vec{V}}\, d\tau = 0.$$

A l'aide de ce corollaire, on peut démontrer d'une manière très simple les deux formules connues ([2])

$$\int_\Delta \left(\vec{\omega} \wedge \vec{V}\right) d\tau = 0, \qquad \int_\Delta \left[\vec{r} \wedge \left(\vec{\omega} \wedge \vec{V}\right)\right] d\tau = 0,$$

qui expriment que le système de vecteurs $\left(\vec{\omega} \wedge \vec{V}\right) d\tau$ est équivalent à zéro.

THÉORÈME IV. — *Soient $\vec{V}$ un champ de vitesses satisfaisant aux conditions* B *et φ une fonction harmonique dans Δ; le tourbillon $\vec{\omega}$ vérifie la relation*

$$\int_\Delta \left(\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{\operatorname{grad}} \varphi\right) d\tau = 0.$$

([2]) *Cf.* P. APPELL, *Traité de Mécanique rationnelle*, 3, Paris, 1928, p. 469, n° 6, et pour la première formule seulement H. LAMB, *Hydrodynamics*, 6th ed., New-York, 1945, p. 218.

Le théorème IV permet de faire la *synthèse* de la solution du problème classique qui consiste à déterminer les vitesses en fonction des tourbillons dans un domaine borné Δ, problème résolu par les formules de Poincaré qui s'écrivent ici

$$\vec{V} = \overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{W}, \qquad \vec{W} = \frac{1}{2\pi}\int_{\Delta}\frac{\vec{\omega}}{r}\,d\tau.$$

Il s'agit de montrer que le champ $\vec{V}$ fourni par ces formules est effectivement la solution du problème, c'est-à-dire qu'il vérifie les relations $\text{div}\,\vec{V} = 0$ (évidente), et $\overrightarrow{\text{rot}}\,\vec{V} = 2\vec{\omega}$ dans Δ et la condition $\vec{V} = 0$ sur S. On y arrive facilement en s'appuyant sur le théorème IV.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulements supersoniques infiniment voisins.* Note (*) de M. **Pierre Carrière**, présentée par M. Georges Darrieus.

1. Étant donné un écoulement (E_0) permanent supersonique autour d'un obstacle plan ou de révolution, nous appelons écoulement infiniment voisin $(E_0 + \delta E_0)$ tout écoulement obtenu par variation infinitésimale des données initiales ou aux limites de l'écoulement (E_0).

Bornons-nous pour simplifier au cas où l'on peut admettre que les écoulements sont irrotationnels et soit $\Phi_0(x, y)$ le potentiel des vitesses de (E_0). Nous écrirons le potentiel des vitesses de $(E_0 + \delta E_0)$ sous la forme

$$\Phi = \Phi_0 + \beta\varepsilon(x, y), \tag{1}$$

β étant l'infiniment petit principal de la perturbation étudiée, si cette perturbation conserve le caractère bidimensionnel de l'écoulement. Sinon, nous nous limiterons ici au cas où la perturbation, variable avec le plan méridien (angle ω) est proportionnelle à $\cos\omega$ et nous écrirons

$$\Phi = \Phi_0 + \beta\cos\omega\,\varepsilon(x, y). \tag{1'}$$

Portant (1) ou (1′) dans les équations générales de l'écoulement, nous obtenons en tenant compte de ce que Φ_0 satisfait par définition à ces équations, l'équation aux dérivées partielles définissant ε pour $\beta \to 0$. Si en particulier, on rapporte cette équation aux axes (x_1, y_1) respectivement parallèles et perpendiculaires à la vitesse de (E_0) en un point quelconque P, on obtient [1] en désignant par α l'angle de Mach local :

$$-\varepsilon_{x_1x_1}\cos^2\alpha + \varepsilon_{y_1y_1}\sin^2\alpha + N\sin^2\alpha = 0, \tag{2}$$

(*) Séance du 2 mai 1949.

[1] Cette relation a déjà été donnée par R. Sauer dans le cas particulier de l'écoulement autour d'un corps de révolution sous faible incidence.

où

$$N = \frac{\varepsilon_y}{y} - \frac{\varepsilon}{y^2} - (\gamma + 1)\frac{V a_c^2}{a^4}\varepsilon_{x_1}\Phi_{0,x_1x_1} - 2\frac{V}{a^2}\varepsilon_{y_1}\Phi_{0,x_1y_1} \tag{3}$$

(a_c = vitesse critique).

Dans le cas (1) le terme ε/y^2 disparaît de l'équation. Si l'écoulement est plan, le terme ε_y/y est également à supprimer.

L'équation (2) montre que le potentiel de perturbation ε *admet les mêmes caractéristiques que le potentiel* Φ_0.

2. Soient (λ_0, μ_0) les coordonnées épicycloïdales de la vitesse dans le champ de l'hodographe pour (E_0) et par suite $\lambda_0 + \beta\lambda'$, $\mu_0 + \beta\mu'$ les coordonnées correspondantes de $(E_0 + \delta E_0)$. L'étude des caractéristiques de (2) donne immédiatement les relations

$$d\lambda' = -\frac{N\, d\xi \sin\alpha}{2V}, \qquad d\mu' = -\frac{N\, d\eta \sin\alpha}{2V}, \tag{4}$$

où $d\xi$ et $d\eta$ représentent respectivement des déplacements infinitésimaux le long des caractéristiques (λ_0) et (μ_0) de l'écoulement (E_0) à partir de P.

N étant supposé connu en P et Q à l'aide de (3), les équations (4) permettent de calculer λ' et μ' au point de rencontre R de deux caractéristiques (λ_P) et (μ_Q) passant respectivement par P et Q, suivant la méthode générale.

La définition même de λ, μ permet en outre d'établir les relations suivantes :

$$u_1 = \varepsilon_{x_1} = -V \operatorname{tg}\alpha\,(\lambda' + \mu'), \qquad v_1 = \varepsilon_{y_1} = -V(\lambda' - \mu') \tag{5}$$

puis

$$\varepsilon_y = u_1 \sin\varphi + v_1 \cos\varphi \qquad (\varphi = \text{angle polaire de } \overline{V}). \tag{6}$$

u_1 et v_1 étant les composantes du gradient de ε, permettent de calculer de proche en proche les valeurs de cette fonction [s'il y a lieu, cas (1')].

3. *Conditions aux limites.* — L'analyse du problème dans chaque cas particulier permet de déterminer les conditions aux limites. C'est ainsi que nous avons jusqu'à présent explicité ces conditions dans les cas suivants :

a. Écoulement conique sous faible incidence;

b. Écoulement conique axial avec variation ΔM_0 du nombre de Mach amont;

c. Écoulement conique axial en modifiant de $\delta\theta_s$ l'angle au sommet;

d. E_0 = écoulement conique axial, $E_0 + \delta E_0$ = écoulement autour d'une ogive courbe tangente au sommet du cône obstacle [2];

e. E_0 = écoulement de révolution autour d'une ogive quelconque, $E_0 + \delta E_0$ écoulement avec incidence sur la même ogive [2];

---

[2] Déjà étudié par R. Sauer.

f. Action de l'épaisseur de déplacement de la couche limite sur un écoulement (E_0).

Si l'obstacle ne comporte pas de déformation, la condition de conservation de la direction de la vitesse imposera $\lambda' = \mu'$ sur l'obstacle. Sur l'onde de choc, on écrira que $\lambda_0 + \beta\lambda'$, $\mu_0 + \beta\mu'$ satisfont à l'équation $\mu = f(\lambda, M_0)$ de la polaire de choc dans le plan des λ, μ et l'on passera à la limite $\beta \to 0$, en remarquant que λ_0, μ_0 sont relatifs au point de (E_0) situé sur l'onde déformée, c'est-à-dire à une distance à l'onde de choc initiale de l'ordre de β.

D'une manière générale, on obtiendra des conditions aux limites linéaires en λ', μ' sur l'obstacle et sur l'onde de choc.

Si la perturbation commence à la pointe de l'ogive, on étudiera d'abord l'effet de cette perturbation sur l'écoulement conique tangent à la pointe, l'intégration se poursuivant ensuite par la méthode générale.

4. La connaissance des fonctions dérivées λ' et μ' permet de calculer les dérivées des coefficients aérodynamiques par rapport à la perturbation considérée, par exemple la dérivée du coefficient de portance par rapport à l'incidence et la position du centre de poussée. On pourra aussi plus généralement utiliser les λ', μ' pour calculer des écoulements voisins d'écoulements déjà calculés. Cette théorie contient évidemment la théorie classique de Karman.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Une méthode d'approximations adaptée aux équations d'onde des corpuscules à mouvement intrinsèque (spin) et une nouvelle mécanique semi-classique de ces corpuscules.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Afin de se placer sur un plan plus général, et, pour des raisons qui vont apparaître plus loin, nous allons écrire les équations d'onde d'un corpuscule de spin 1/2 en y introduisant un potentiel d'interaction plus complet (¹) défini par les 15 composantes A_j, $F_{[jk]}$, $B_{[jkl]}$ et $C_{[jklm]}$

$$(1)\quad (\hbar / i)(\gamma^j \partial_j - \varkappa')\psi = [a\gamma^j A_j + \lambda(b_1\gamma^{[jk]} F_{[jk]} + b_2\gamma^{[jkl]} F_{[jkl]} + b_3\gamma^{[jklm]} C_{[jklm]})]\psi,$$

où les γ^j, etc., sont les matrices de la théorie de Dirac et a, λb_1, etc., les constantes de couplage entre le champ ψ et le champ potentiel d'interaction. L'annulation de la grandeur λ nous ramène à la théorie ordinaire de l'électron de Dirac. Lorsque le champ potentiel d'interaction subit une transformation de jauge de seconde espèce, engendrée par les fonctions génératrices Φ, Φ_j, $\Phi_{[jk]}$, $\Phi_{[jkl]}$ et $\Phi_{[jklm]}$, le champ ψ doit être soumis à une transformation de jauge de première espèce définie par l'expression opératorielle que voici (¹) :

$$(2)\quad \Psi' = \Psi \exp\{a_1\Phi + \lambda(b_1\gamma^j\Phi_j + b_2\gamma^{[jk]}\Phi_{[jk]} + b_3\gamma^{[jkl]}\Phi_{[jkl]} + b_4\gamma^{[jklm]}\Phi_{[jklm]})\}.$$

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 980. *Voir aussi* G. Petiau, *J. de Physique*, 8, 1947, p. 134.

Guidé par la forme de cette expression et persuadé que la méthode bien connue de Pauli ([2]) n'est pas suffisamment adaptée à la structure mathématique des équations d'onde des corpuscules à spin ([3]), nous avons essayé une méthode d'approximations, basée sur l'emploi d'expressions opératorielles du type (2), en prenant un développement en série suivant :

$$(3) \qquad \begin{aligned} \Psi = \mathrm{A}\big[&\exp(i/\hbar)\{\mathrm{S}^{(0)} + \gamma^j \mathrm{S}_j^{(0)} + \gamma^{[jk]}\mathrm{S}_{[jk]}^{(0)} + \gamma^{[jkl]}\mathrm{S}_{[jkl]}^{(0)} + \gamma^{[jklm]}\mathrm{S}_{[jklm]}^{(0)}\} \\ &\times \exp\{\mathrm{S}^{(1)} + \gamma^j \mathrm{S}_j^{(1)} + \ldots\} \times \exp(\hbar/i)\{\mathrm{S}^{(2)} + \gamma^j \mathrm{S}_j^{(2)} + \ldots\} \times \ldots\big]. \end{aligned}$$

A est une matrice à une colonne à éléments constants, sur laquelle agissent les γ figurant dans les exponentielles; $\mathrm{S}^{(0)}, \mathrm{S}_j^{(0)}, \ldots, \mathrm{S}^{(1)}, \mathrm{S}_j^{(1)}, \ldots, \mathrm{S}^{(2)}, \mathrm{S}_j^{(2)}, \ldots,$ sont des fonctions ordinaires de (x, y, z, t), mais présentant certaines variances relativistes, indiquées par les indices inférieurs. Nous admettrons en outre, que chaque groupe de grandeurs, caractérisé par l'indice supérieur (ordre d'approximation) est assujetti à certaines relations d'orthogonalité dans l'espace-temps : $\mathrm{S}^{(n)j}\mathrm{S}_{[jk]}^{(n)} = 0$, $\mathrm{S}^{(n)j}\mathrm{S}_{[jkl]}^{(n)} = 0$, etc., ainsi qu'à certaines équations de compatibilité :

$$(4) \qquad \mathrm{A}[\partial^j \mathrm{S}_j^{(n)} + \gamma^k \partial^j \mathrm{S}_{[jk]}^{(n)} + \gamma^{[kl]} \partial^j \mathrm{S}_{[jkl]}^{(n)} + {}^{[klm]} \partial^j \mathrm{S}_{[jklm]}^{(n)}] = 0.$$

Le cas particulier de la méthode de Pauli s'obtient en égalant à zéro toutes les grandeurs S, sauf S^0 pour $n = 0$ et sauf $\mathrm{S}_j^{(n)}$ pour $n \geqq 1$. En posant

$$(5) \qquad \left\{ \begin{array}{ll} \mathrm{P}_j = \partial_j \mathrm{S}_0 - a\mathrm{A}_j, & \mathrm{P}_{[jklm]} = \partial_{[j}\mathrm{S}_{klm]}^0 - \lambda b_2' \mathrm{C}_{[jklm]}, \\ \mathrm{P}_{[jk]} = \partial_{[j}\mathrm{S}_{k]}^0 - \lambda b_1 \mathrm{F}_{[jk]}, & \mathrm{P}_{[jkl]} = \partial_{[j}\mathrm{S}_{kl]}^0 = \lambda b_2' \mathrm{C}_{[jkl]}, \end{array} \right.$$

les équations d'approximation d'ordre zéro s'écrivent :

$$(6) \qquad [\gamma^j \mathrm{P}_j + \gamma^{[jk]}\mathrm{P}_{[jk]} + \gamma^{[jkl]}\mathrm{P}_{[jkl]} + \gamma^{[jklm]}\mathrm{P}_{[jklm]} - m_0 c]\,\mathrm{A} = 0.$$

En négligeant le mouvement intrinsèque ($\mathrm{P}_{[jk]} = \mathrm{P}_{[jkl]} = \mathrm{P}_{[jklm]} = 0$), on obtient les équations $[\gamma^j \mathrm{P}_j - m_0 c]\mathrm{A} = 0$, qui entraînent l'équation de Hamilton Jacobi $\mathrm{P}_j \mathrm{P}^j - m_0^2 c^2 = 0$, de la mécanique ponctuelle classique. L'obtention de ce dernier résultat nous semble donc être contenue *d'avance* dans le formalisme mathématique de la méthode de Pauli.

Le formalisme plus général que nous employons ici permet d'aboutir à une sorte de théorie semi-classique des corpuscules à mouvement intrinsèque, mais qui ne semble pas être réductible à une mécanique ordinaire du point matériel sans structure géométrique intrinsèque, descriptible à l'aide des équations de Hamilton-Jacobi avec une fonction d'action *scalaire* S. Notre théorie nous conduit à introduire à côté de l'action scalaire S, relative au mouvement *externe*, des *actions tensorielles* S_j, $\mathrm{S}_{[jk]}$ et $\mathrm{S}_{[jkl]}$, relatives au mouvement *intrinsèque*. Nous voyons aussi que les potentiels supplémentaires $\mathrm{F}_{[jk]}$, $\mathrm{B}_{[jkl]}$ et

([2]) *Helvetica Physica Acta*, 5, 1932, p. 179; B. Kwal, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 61; G. Petiau, *ibid.*, p. 224.

([3]) L. de Broglie, *J. de Physique*, 9, 1948, p. 265.

$C_{[jklm]}$ jouent par rapport à ce dernier mouvement le même rôle que le potentiel-vecteur A_j joue par rapport au mouvement externe. Les considérations précédentes suggèrent également de généraliser en théorie des corpuscules à spin l'expression de l'onde plane, en considérant $\exp[(i/\hbar)x^j P_j]$ avec

$$P_j = p_j + \gamma^k p_{[jk]} + \gamma^{[kl]} p_{[jkl]} + \gamma^{[klm]} p_{[jklm]}, \tag{7}$$

ce qui conduirait à donner à P_j et non à p_j le caractère du mouvement conjugué de la coordonnée x_j.

ASTROPHYSIQUE. — *Observations radioélectriques de l'éclipse de Soleil du 28 avril 1949.* Note de MM. **Marius Laffineur, Raymond Michard, Jean-Louis Steinberg** et **Siegfried Zisler**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons enregistré l'émission radioélectrique solaire au cours de l'éclipse du 28 avril 1949 sur trois longueurs d'onde. Les appareils utilisés étaient les suivants : sur $1^m,95$, un miroir parabolique de $7^m,50$ de diamètre, installé à Marcoussis (Seine-et-Oise) au Laboratoire du Service d'Études et Recherches de la Marine, comportant deux antennes demi-onde placées au foyer; sur 55^{cm}, un miroir semblable, installé à l'Observatoire de Meudon et muni d'un entraînement équatorial automatique ; sur 25^{cm}, un miroir parabolique de 3^m de diamètre, à monture équatoriale, installé sur le toit de l'École Normale Supérieure à Paris. Ces trois radiotélescopes étaient équipés de récepteurs étudiés spécialement en vue d'un faible niveau de bruit interne.

L'éclipse, dont la grandeur optique n'était à Paris que de 0,38, est parfaitement visible sur les enregistrements et a pu être mesurée. Nous devons noter toutefois que nos appareils sont mieux adaptés à l'étude des perturbations de l'émission solaire (*sursauts*) qu'à des mesures photométriques précises. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Longueur d'onde (en cm)	25	55	195
Diminution en % de l'énergie reçue (au maximum de l'éclipse)	21	20	environ 50

Rappelons que la surface occultée du disque solaire a été, à Paris, de 26 %. Le niveau de l'émission sur 195^{cm} présente, avant et après l'éclipse, des fluctuations de l'ordre de 20 %. Il semble donc que la variation observée de l'émission puisse provenir de variations propres des sources solaires autant que de leur occultation par le disque lunaire. Réservons donc provisoirement le résultat obtenu sur cette longueur d'onde.

Nos enregistrements sur 25 et 55^{cm} sont de meilleure qualité; les heures du début et de la fin de l'éclipse radioélectrique (définies à 5 minutes près) coïncident avec les heures des contacts. Sur ces longueurs d'onde, l'occultation ou la réapparition des taches ne se sont manifestées par aucun accident

sensible de l'enregistrement; remarquons d'ailleurs que, seuls, des centres d'activité secondaires ont été occultés.

D'après les théories de l'émission thermique coronale ([1]) le Soleil apparaîtrait sur 25 et 55^{cm} comme un *anneau brillant*. La longueur éclipsée de la circonférence du Soleil a atteint 29 %. Nos observations nous paraissent difficilement compatibles avec les lois d'assombrissement déduites de ces théories.

Le détail de nos résultats sera publié ultérieurement aux *Annales d'Astrophysique* et y sera accompagné de données sur l'éclipse des plages faculaires, taches et protubérances, obtenues au spectrohéliographe et de nature à faciliter la discussion. Les données qui précèdent montrent tout l'intérêt qui s'attache à l'observation radioélectrique des éclipses de Soleil, même partielles.

CHALEUR. — *Sur le calcul de la célérité des déflagrations dans les mélanges gazeux contenus dans des récipients clos.* Note (*) de MM. **Numa Manson**, **Henri Guénoche** et **Bernard Salé**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les célérités du son dans les produits de la combustion et dans les gaz frais étant nettement plus élevées que la célérité des déflagrations, on admet, en accord avec les observations, que, lors de la propagation dans un récipient clos, chaque tranche élémentaire de la charge brûle, lorsqu'elle est atteinte par le front de la flamme, sous une pression constante ([1]), ([2]), ([3]). Pour un mélange combustible donné (état initial défini par la pression p_0, la température T_0 et la composition) et dans l'hypothèse d'une compression isentropique des gaz frais de p_0 à p_1 au cours de la propagation, cette pression p_1, pratiquement la même dans toute la bombe, détermine l'état des gaz brulés (défini par la pression $p_2 \cong p_1$, la température T_2, le nombre de moles n_2 et la composition) ([3]). Ces données fournissent, moyennant certaines hypothèses, les éléments d'interprétation des phénomènes de propagation des déflagrations en bombe, mais elles n'ont pas permis jusqu'à présent le calcul *a priori* de la célérité des déflagrations.

([1]) A. Unsöld, *Naturwissenschaften*, 34, 1947, p. 194; M. Waldmeier et H. Müller, *Astr. Mitteil. Eidg. Sternwarte Zürich*, 155, 1948; J.-F. Denisse, *Thèse*, Paris, 1949.

(*) Séance du 2 mai 1949.

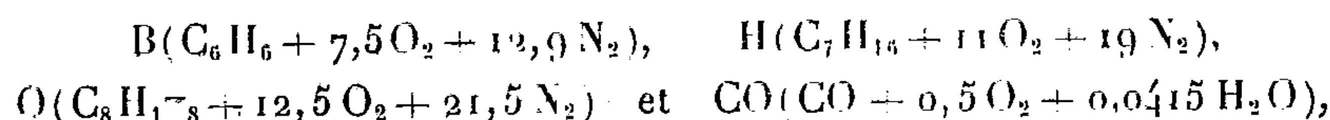
([1]) Flamm et Mache, *Die Physik des Verbrennungserscheinungen*, Leipzig, 1918.

([2]) G. Ribaud, *Chal. et Ind.*, 18, 1937, p. 206; 19, 1938, p. 23; 20, 1939, p. 15.

([3]) B. Lewis et G. von Elbe, *Combustion, Flames and Explosion of Gases*, Cambridge, 1938; H. Gaudry, *Thèse*, Paris, 1946; *Comm. au Colloque sur la Cinétique et la Combustion en phase gazeuse*, Paris, 1948 (à paraître dans la *Rev. de l'Inst. Fr. du Pétrole;* N. Manson, *La propagation des déflagrations et des détonations dans les mélanges gazeux*, Paris, 1947; R. Vichnievsky, *Étude de la combustion au moyen des diagrammes*, Paris, 1944.

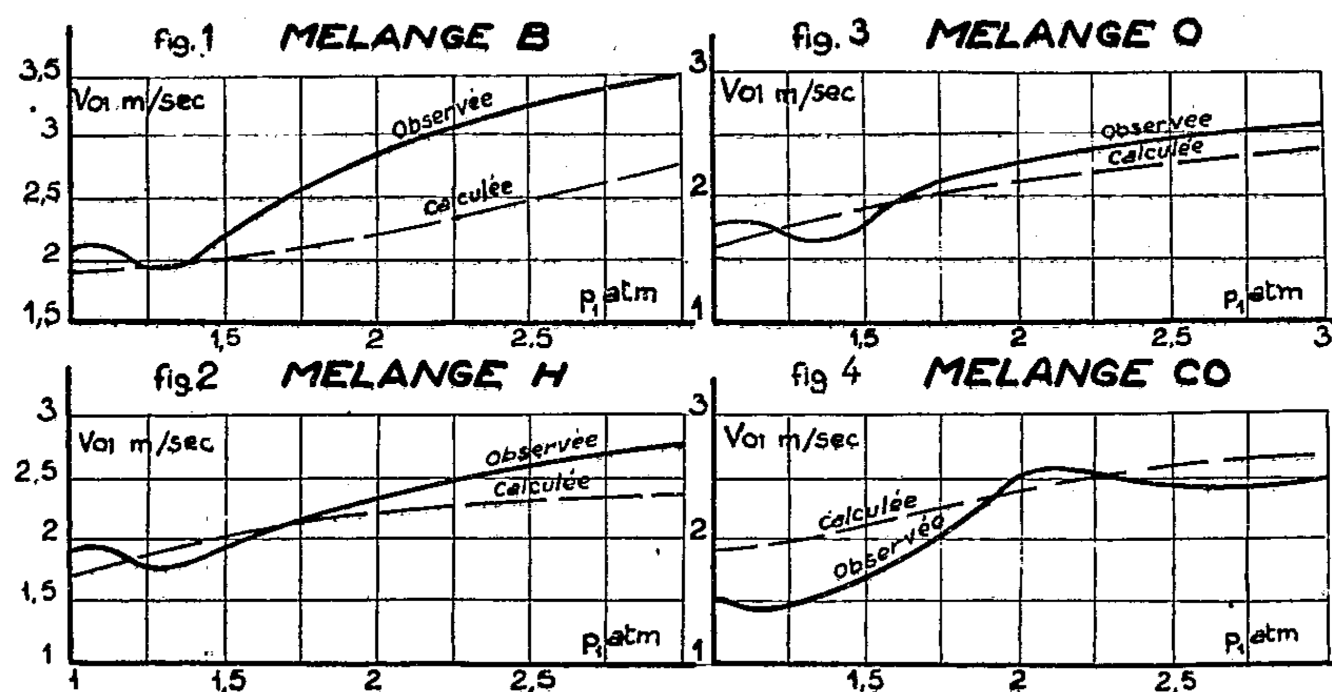
En admettant toujours que pendant la combustion d'une tranche élémentaire de la charge la pression p_1 est la même dans toute la bombe, nous avons effectué le calcul de la célérité V_{01} de la déflagration par rapport aux gaz frais en nous basant sur la théorie des ondes de choc et de combustion que l'un de nous a récemment complétée en précisant l'origine de la chute de pression Δp dans la zone de combustion (théorie de la projection des atomes d'hydrogène) (4).

Ce calcul a été effectué pour les mélanges



$$B(C_6H_6 + 7,5\,O_2 + 12,9\,N_2), \qquad H(C_7H_{16} + 11\,O_2 + 19\,N_2),$$
$$O(C_8H_{17,8} + 12,5\,O_2 + 21,5\,N_2) \quad \text{et} \quad CO(CO + 0,5\,O_2 + 0,0415\,H_2O),$$

pour lesquels la célérité V_{01} avait été mesurée par E. F. Fiok, Ch. F. Marvin Jr., F. R. Caldwell et C. H. Rœder (5) dans une bombe sphérique à allumage central. La pression et la température initiales adoptées sont les mêmes que celles réalisées par les expérimentateurs cités ($p_0 = 1^{atm}$, $T_0 = 298^\circ K$). La



(Conditions initiales $p_0 = 1$ atm $T_0 = 298^\circ K$)

composition des gaz brûlés a été calculée en tenant compte des dissociation à l'aide des abaques de Vichnievsky (3) pour les mélanges B, H, O et de la méthode Dahmköhler et Edse (6) pour le mélange CO. En raison de la précision avec laquelle sont actuellement connues certaines des constantes, il est peu probable que l'on puisse en général calculer la pression partielle $(p_H)_2$ de l'hydrogène atomique dans les gaz brûlés, avec une incertitude inférieure à 5-10 %.

Les graphiques (*fig.* 1 à 4) montrent que l'écart entre les valeurs calculées et observées est, dans le cas le plus favorable, inférieur à 27 %. Les différences plus

(4) N. Manson, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 230; *Comm. au Colloque sur la Cinétique et la Combustion en phase gazeuse*, Paris, 1948.

(5) N. A. C. A., Report n° **682**, 1940.

(6) *Zs. Elektrochemie*, **49**, 1943, p. 178.

importantes obtenues (*voir* tableau) dans le cas du mélange CO pour $p_0 = 1/3$ et $0^{atm},5$ au lieu de $p_0 = 1^{atm}$ pourraient s'expliquer par l'élargissement notable de la zone de combustion aux basses pressions initiales.

Le fait que les résultats du calcul ne permettent pas de retrouver les maxima et les minima de V_{01} observés, semble s'expliquer par l'action des ébranlements issus de la chasse préalable et que l'on a négligée dans les calculs.

		1/3.		1/2.		1.	
p_0 atm							
p_1 atm		1.	2.	1.	2.	1.	2.
V_{01} m/sec	calculée	3,0	3,9	2,6	3,4	1,9	2,4
	observée par (5)	2,06	3,00	1,58	2,70	1,50	2,50

OPTIQUE. — *Sur les facteurs de réflexion de couches très minces de platine déposées sur verre.* Note de M. **Pierre Rouard**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai donné dans une précédente Note (1), un certain nombre de résultats théoriques obtenus au cours de recherches sur les propriétés optiques du platine en lames très minces. J'ai entrepris la vérification expérimentale de ceux de ces résultats qui se rapportent aux facteurs de réflexion air-métal R et verre-métal R'.

Le platine est déposé, par projection cathodique, sur une lame support prismatique en verre. On peut ainsi éliminer facilement la réflexion sur la surface non métallisée de la lame support. Les facteurs de réflexion R et R' sont déterminés par photométrie photographique selon une méthode déjà exposée (2). Les résultats obtenus, pour trois radiations monochromatiques de longueurs d'onde respectives : 4358 Å, 5461 Å et 5780 Å, sont rassemblés dans le tableau suivant :

Facteurs de réflexion air-platine R *et verre-platine* R'.

Épaisseurs en Å.	Mesurés $\lambda = 4358$ Å R.	R'.	$\lambda = 5461$ Å R.	R'.	$\lambda = 5780$ Å R.	R'.	Épaisseurs en Å.	Calculés $\lambda = 5780$ Å, $n = 2,05-4,26\,i$ R.	R'.
0	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042	0	0,042	0,042
5	0,061	0,025	0,065	0,02	0,069	0,021	6	0,058	0,025
10	0,073	0,01	0,084	0,006	0,08	0,007	15	0,086	0,016
20	0,096	0,0065	0,12	0,0035	0,126	0,004	29	0,143	0,024
25	0,092	0,002	0,124	0,001	0,146	0,0014	43	0,197	0,052
47	0,125	0,037	0,216	0,045	0,231	0,047	58	0,255	0,090
57	0,134	0,064	0,226	0,076	0,265	0,074	116	0,430	0,250
75	0,153	0,108	0,25	0,125	0,294	0,15	–	–	–

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1106.
(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 869.

On constate que, pour toutes les longueurs d'onde utilisées, le facteur de réflexion dans le verre sur le platine R' prend une valeur extrèmement faible quand l'épaisseur de platine est voisine de 25 Å. Ce minimum, et c'est là un fait qui mérite d'être noté, se produit pour la même épaisseur, quelle que soit la longueur d'onde de la lumière utilisée. On peut donc pratiquement supprimer, au moyen d'une couche simple de platine de 25 Å d'épaisseur, déposée sur chacune des faces d'une lame de verre, toutes les réflexions internes dans cette lame et cela pour toutes les radiations du spectre visible.

J'ai déjà montré l'existence d'un tel minimum pour l'or et l'argent ([2]) déposés par projection cathodique. Mais, pour ces métaux, l'épaisseur donnant une valeur minimum à R' varie avec la longueur d'onde de la radiation monochromatique utilisée. Il en résulte qu'un faisceau de lumière blanche, après réflexion normale dans le verre sur le métal, apparaît brillamment coloré, la teinte variant très rapidement avec l'épaisseur du métal. Au contraire, avec le platine, l'intensité de la lumière incidente est considérablement réduite par réflexion mais elle reste blanche.

La comparaison des résultats théoriques et expérimentaux, pour la longueur d'onde 5780 Å, fait apparaître la nécessité d'attribuer au métal en couches très minces, d'épaisseur inférieure à 100 Å, des constantes différentes de celles du métal massif.

SPECTROSCOPIE. — *Une nouvelle méthode de mesure de l'effet Zeeman. L'effet de résonance de la polarisation rotatoire magnétique des ondes hertziennes.* Note (*) de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les effets de résonance magnétique, détectés par la méthode des jets de Rabi ([1]), par la méthode d'induction de F. Bloch ([2]) ou par la méthode d'absorption de Purcell ([3]), sont dus à des transitions spectrales entre les sous-niveaux magnétiques d'un même niveau atomique, transitions induites par une oscillation électromagnétique de haute fréquence. Ces transitions au cours desquelles le nombre quantique azimutal reste constant ($\Delta L = 0$), correspondent à un rayonnement dipolaire magnétique. Pour un observateur visant parallèlement au champ magnétique constant H, qui produit l'effet Zeeman, les règles de sélection et de polarisation de ce rayonnement sont les mêmes que celles du rayonnement dipolaire électrique ([4]). Il en résulte que,

(*) Séance du 16 mai 1949.

([1]) Kellog et Millman, *Rev. Modern Physics*, 18, 1946, p. 323.

([2]) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 460.

([3]) Purcell, Torrey et Pound, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 37.

([4]) A. Rubinowitch et J. Blaton, cités par H. Niewodniczanski, *Acta Physica Polonica*, 5, 1936, p. 111.

pour une onde hertzienne se propageant parallèlement à la direction du champ, et quel que soit le sens de propagation de cette onde, si le facteur de Landé g du niveau est positif, seules les vibrations circulaires dont le sens est celui du courant magnétisant pourront être absorbées. L'inverse a lieu si g est négatif. *Nous avons donc affaire à un cas extrême de dichroïsme circulaire.*

A ce dichroïsme circulaire est lié une polarisation rotatoire magnétique [F. Bloch (*loc. cit.*) avait remarqué la connexion entre *induction magnétique* et *effet Faraday*] : l'indice du milieu pour la composante circulaire non absorbée est constant, alors que l'indice pour la composante absorbée présente, au voisinage de la fréquence de Larmor, l'exaltation qui caractérise le phénomène de dispersion anomale. Cet effet de polarisation rotatoire sera plus facile à détecter que l'absorption qui le conditionne, car c'est un *effet interférentiel*, et l'on pourra tirer parti de la grande sensibilité des méthodes polarimétriques pour l'étudier. Il suffit d'adapter ces méthodes au domaine des ondes hertziennes. La courbe représentant l'intensité transmise entre polariseurs croisés, soit en fonction de ν à H constant, soit en fonction de H à ν constant, doit avoir l'allure d'une courbe de résonance dont l'acuité est limitée par l'uniformité du champ, par la finesse de la fréquence incidente et par l'effet Doppler des atomes ($\Delta\nu/\nu = 10^{-5}$).

Il résulte de l'effet Doppler qu'au voisinage de la résonance, la rotation définie sera remplacée par un effet de dépolarisation de la vibration transmise.

On peut se rendre compte de l'ordre de grandeur de l'effet : la théorie de la dispersion donne au voisinage de la fréquence de résonance $\nu = \nu_z$

$$n_G - n_D = \frac{Ne^2 f}{2\pi m(\nu^2 - \nu_z^2)} \frac{h\nu}{kT} \frac{2j}{2j+1}.$$

Nous confondrons le facteur $2j/(2j+1)$ avec l'unité. Le facteur $h\nu/kT$ tient compte de l'émission induite d'Einstein. La *force d'oscillation* f est liée à la probabilité d'émission spontanée A, inverse de la durée de vie τ, par

$$f = \frac{mc^3}{8\pi^2 e^2 \nu_z^2} A.$$

La rotation spécifique sera

$$\frac{\theta}{l} = \pi \frac{(n_G - n_D)\nu}{c} = \frac{N}{32\pi^2} \frac{hc}{kT} \frac{c}{\nu_z(\nu - \nu_z)} A$$

en faisant, pour ν voisin de ν_z, les approximations qui s'imposent. Pour un rayonnement dipolaire magnétique (5) :

$$A = \frac{1}{\tau} = \frac{64}{3} \pi^4 \frac{\nu^3}{c^3} \frac{\mu^2}{h},$$

(5) E. M. PURCELL, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 681.

où μ est le moment magnétique de l'atome

$$\mu = g\sqrt{j(j+1)}\frac{e}{m}\frac{h}{4\pi}.$$

Les durées de vie τ ainsi obtenues sont de l'ordre de 10^{13} sec pour $\lambda = 10^{cm}$ (champ de résonance $H_0 = 2140/g$ oersted). Pour $T = 300^\circ K$ et $(\nu - \nu_0)/\nu_0 = 10^{-5}$, voisinage immédiat de la bande de résonance, on trouve $\theta/l = 10^{-21} N$. Pour une solution décinormale ($N = 6.10^{19}/cm^3$) d'un ion paramagnétique et pour un parcours $l = 10^{cm}$ il vient $\theta = 0,6$ radian, valeur aisément mesurable.

La sensibilité de la méthode pourra être augmentée considérablement en opérant dans une cavité résonante cylindrique où l'onde hertzienne effectue de nombreux va-et-vient. Il résulte de la symétrie particulière de la polarisation rotatoire magnétique que les effets de rotation à l'aller et au retour s'ajoutent. Une rotation minime sur le trajet de la cavité suffira pour perturber complètement l'état de polarisation rectiligne de l'onde. On pourra, de cette façon, étudier des atomes actifs sous faible concentration.

Un effet faible de polarisation rotatoire magnétique dans un guide d'onde cylindrique a été trouvé récemment pour des ions $\underset{++}{Mn}$ par Wilson et Hull [6], mais ces auteurs ont opéré loin des conditions de résonance.

SPECTROSCOPIE. — *Raies faibles d'émission dans le spectre* $L\alpha$ *du mercure* (80). Note (*) de MM. **Louis Groven** et **A. Lagasse**, transmise par M. Émile Henriot.

L'excitation utilisée a été mise au point par l'un de nous [1]. La vapeur étudiée, à l'état d'élément ou sous forme de composé ($HgCl_2$) est contenue, sous une pression d'environ $0^{mm},001$ de mercure, dans un tube en pyrex à paroi épaisse. L'excitation électrique de la vapeur se fait par deux anneaux ou électrodes extérieures entourant le tube source. On observe par un bout du tube fermé à cet effet, par une feuille mince d'aluminium recouverte de collodion. La différence de potentiel oscillante a une valeur maximum de l'ordre de 50 kV.

Les spectres ont été enregistrés à l'aide de spectrographes Cauchois à mica courbés avec des rayons de 25 et 40^{cm}, utilisés par transmission. Nous avons employé les plans de réflexion (100) dans le premier ordre et ($\bar{2}01$) dans le second ordre. Les durées d'exposition ont varié de 10 à 40 heures, les plaques étaient des 52B50 Gevaert Scientia.

D'autre part, il en a été tiré des agrandissements à fort contraste sur film

---

(6) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 711.

(*) Séance du 16 mai 1949.

(1) L. Groven, *Thèse*, Paris, 1648; *Ann. de physique*, 12e série, 4, 1949, p. 62.

Litholine Gevaert, suivant un procédé mis au point au laboratoire par A. Lagasse. Les agrandissements contrastés et l'étude des microphotogrammes nous ont permis de déceler l'existence d'un certain nombre de raies nouvelles dans le spectre L du mercure. Une fente de 10^mm de hauteur et une amplification linéaire de 40 fois, nous ont donné les meilleurs enregistrements microphotométriques.

Tableau des émissions observées.

Raies.	Longueurs d'onde en U. X. d'après Y. Cauchois (3).	Longueurs d'onde en U. X. d'après les auteurs.	$\frac{\nu}{R}$.	$\sqrt{\frac{\nu}{R}}$.	$\left\lvert\frac{\nu_x}{R}-\frac{\nu_{\alpha_1}}{R}\right\rvert$.	$\left\lvert\sqrt{\frac{\nu_x}{R}}-\sqrt{\frac{\nu_{\alpha_1}}{R}}\right\rvert$.
		$1268,9_6$	$718,1_2$	26,7977	17,58	0,3261
		$1264,2_1$	$720,8_2$	26,8482	14,88	0,2756
		$1262,2_7$	$721,9_2$	26,8686	13,78	0,2552
α_0....	1261,0	$1261,4_5$	$722,3_9$	26,8774	13,31	0,2464
		$1260,1_2$	$723,1_6$	26,8916	12,54	0,2322
		$1259,2_5$	$723,6_6$	26,9009	12,04	0,2229
		$1258,2_1$	$724,2_5$	26,9119	11,45	0,2119
		$1257,3_3$	$724,7_6$	26,9214	10,94	0,2024
		$1256,5_9$	$725,1_9$	26,9293	10,51	0,1945
		$1255,8_6$	$725,6_1$	26,9372	10,09	0,1866
		$1254,9_3$	$726,1_5$	26,9473	9,55	0,1765
		$1253,4_8$	$726,9_9$	26,9628	8,71	0,1610
		$1252,4_5$	$727,5_8$	21,9737	8,12	0,1501
α_2....	$1250,0_5$	raie de référence		–	–	–
		$1247,8_8$	$730,2_5$	27,0231	5,45	0,1007
		$1246,3_1$	$731,1_7$	27,0401	4,53	0,0837
α_S....	1245,6	$1245,7_7$	$731,4_9$	27,0461	4,21	0,0777
		$1244,8_2$	$732,0_4$	27,0563	3,66	0,0675
		1244,21	$732,4_0$	27,0629	3,30	0,0609
		$1243,6_7$	$732,7_2$	27,0688	2,98	0,0550
		$1242,2_0$	$733,5_9$	27,0849	2,11	0,0389
$\alpha_{\mathrm{III}}^{\bar{}}$...	1240,4	–	–	–	–	–
$\alpha_{\mathrm{II}}^{\bar{}}$....	1239,7	–	–	–	–	–
$\alpha_{\mathrm{I}}^{\bar{}}$....	1239,2	–	–	–	–	–
α_1....	$1238,6_4$	raie de référence		–	–	–
		$1237,0_4$	$736,6_5$	27,1413	0,95	0,0175
α^{y}....	$1236,9_0$	$1236,6_6$	$736,8_7$	27,1453	1,17	0,0215
α^{ix}...	$1235,3_7$	$1235,1_3$	$737,7_9$	27,1623	2,09	0,0385
		$1234,1_3$	$738,3_9$	27,1733	2,69	0,0495
α^{x}....	$1233,5_6$	$1233,3_8$	738,83	27,1814	3,13	0,0576
		$1232,9_2$	$739,1_1$	27,1866	3,41	0,0628
		$1231,6_2$	$739,8_9$	27,2009	4,19	0,0771
α_a....	1230,4	$1230,3_9$	$740,6_3$	27,2145	4,93	0,0907
		$1229,3_3$	$741,2_7$	27,2263	5,57	0,1025
		$1228,6_8$	$741,6_6$	27,2334	5,96	0,1096
		$1227,6_0$	$742,3_1$	27,2454	6,61	0,1216
		$1226,4_2$	$743,0_3$	27,2586	7,33	0,1348

Les longueurs d'onde mesurées sont groupées dans le tableau ci-dessus. Nous y avons joint les mesures faites par Y. Cauchois pour le même élément ([2]), ([3]). Ce dernier travail donnant le plus grand nombre de satellites, c'est à lui que nous nous référerons dans ce qui suit. Les nombres donnés sont les moyennes obtenues à l'aide d'un grand nombre de microphotogrammes et de clichés.

Les trois raies de plus grande longueur d'onde sont signalées ici pour la première fois. Le satellite 1261,45 (α_0) a été mentionné par Yvette Cauchois (*loc. cit.*). Entre α_0 et α_2 apparaissent neuf raies nouvelles. En plus de α_s mesurée par l'auteur cité, nous avons observé six nouveaux satellites entre α_2 et α_1. Par contre, sur aucun de nos clichés, nous n'avons pu retrouver les $\alpha^{=}_{\mathrm{I,II,III}}$ signalés dans le travail auquel nous nous référons ([2]), ([3]).

La raie 1237,04 semble mieux correspondre à la raie α^{v} mesurée pour les éléments voisins par Y. Cauchois, que 1236,66 qui pour nous serait plutôt α'.

Pour α^{ix} l'accord est excellent entre nos mesures et celles auxquelles nous nous référons ici ([2]), ([3]). Le satellite 1234,13 correspond sur nos graphiques à $\alpha^{=}_{\mathrm{III}}$ de Au(79) et à 1168,4 mesuré pour le Pb (82) par Y. Cauchois. L'accord est également très bon pour les raies α^{x} et α_a. Les autres raies du tableau n'ont à notre connaissance, jamais été signalées. Deux d'entre elles 1232,92 et 1231,62 correspondent respectivement à 1167,1 et 1165,6 mesurées par Y. Cauchois pour le Pb (82) (*loc. cit.*).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Choix et rôle du kieselguhr en tant que support de catalyseurs Fischer.* Note (*) de M. **Stanislas Teichner**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La silice presque pure (environ 95 %) est largement utilisée en catalyse sous forme de kieselguhr, notamment comme support de certains catalyseurs Fischer. Dans la majorité des cas ([1]), la surface spécifique du catalyseur est supérieure à la somme des surfaces de kieselguhr et des autres constituants. Ceux-ci ne déposent donc pas en film mince sur les particules du support et il importe de ne pas négliger la faible réactivité du kieselguhr. En effet, d'une part Anderson ([2]) signale qu'une fraction de cette terre peut se dissoudre dans les solutions servant à préparer le catalyseur, puis précipiter sous forme de gel

([2]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1194; 200, 1935, p. 1314.
([3]) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 762.

(*) Séance du 16 mai 1949.
([1]) Craxford, *Fuel in Science and Practice*, 26, 1947, p. 119.
([2]) Anderson et collaborateurs, *Ind. Eng. Chem.*, 39, p. 1618, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 3114.

de silice; d'autre part, divers auteurs ([3]) ont observé la formation d'hydrosilicates au cours de l'élaboration des catalyseurs Fischer dont l'activité serait même liée aux proportions de diverses combinaisons du nickel ou du colbat ([4]). Enfin, nous avons montré ([5]) que les masses de contact utilisées par Trambouze et Perrin (*loc. cit.*) ont une structure poreuse caractérisée par une certaine uniformité du rayon des pores qui ne semble pas exister dans le support et qui pourrait donc résulter d'une modification de ce dernier.

Ces considérations nous ont amené à définir la *réactivité* d'un kieselguhr par le pourcentage de silice capable de se dissoudre à chaud dans une solution de carbonate de sodium à 5 %, qui solubilise de la silice amorphe ou très finement divisée. Avant et après ce traitement, nous avons déterminé les isothermes d'adsorption de l'azote et de l'oxyde de carbone à — 195°, ainsi que du butane à 0°, et nous avons mesuré la densité à l'hélium. L'un des échantillons examinés (Filter-Cel) a été étudié tel quel, et après traitement, par les acides chlorhydrique et nitrique à chaud jusqu'à évaporation, lavage, et séchage. Ce traitement a la réputation de fournir des catalyseurs plus actifs que ceux obtenus par emploi du même support non traité aux acides et surtout que ceux préparés à partir de kielselguhrs calcinés (Hyflo-Super-Cel) qui contiennent de la cristoballite.

Les résultats concernant trois kieselghuhrs désignés par leur dénomination commerciale sont résumés dans le tableau ci-après où figurent la perte de poids P résultant du traitement thermique sous vide (départ de molécules d'eau), la perte de poids R entraînée par l'attaque alcaline, la surface spécifique S(m^2/g) et la densité D.

Kieselguhr.	Nature du traitement.	Traitement thermique P.	S.	D.	Traitement alcalin R.	S.	D.
Filter-Cel brut	sous vide à 20°.....	4,7%	15,9	1,71	–	–	–
	» 170	10,2	18,5	2,09	8,0	17,1	1,98
	calcination à 900	11,1	–	–	–	–	–
Filter-Cel traité aux acides	sous vide à 20°.....	2,8	25,8	1,40	–	–	–
	» 170	5,5	27,3	1,96	15,2	–	–
	» 450	6,4	28,3	1,97	14,5	13,7	2,18
	calcination à 900	6,6	–	–	–	–	–
Hyflo-Super-Cel brut	sous vide à 170°.....	1,4	2	2,81	1,0	–	–

Les isothermes d'adsorption d'azote sont toutes du type II de la classification de Brunauer et se superposent à celles de l'oxyde de carbone qui ne subit donc

([3]) De Lange et Visser, *De Ingenieur*, 58, 1946, p. 24; Trambouze, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 971; *voir* aussi Craxford (*loc. cit.*).

([4]) Trambouze et Perrin, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1015.

([5]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 427 et 478.

pas d'adsorption chimique sur ces kieselguhrs à -195°. Aucune structure lacunaire ou poreuse caractérisée par un rayon de pores uniforme n'est décelée par les isothermes du butane ([3]).

Le kieselguhr calciné n'accuse qu'une très faible perte de poids par chauffage sous vide à 170° comme par attaque alcaline. Sa surface très faible révèle les effets de frittage de la calcination.

Le traitement acide du kieselguhr non calciné augmente de 50 % la surface de ce produit sans doute parce que cette opération provoque la formation, aux dépens des silicates qu'il contient, d'un peu de gel de silice doté d'une grande surface.

Les pertes de silice R sont sensiblement proportionnelles aux surfaces spécifiques mesurées avant attaque alcaline. Mais tandis que la surface du filter-cel traité aux acides est ramenée de 28 à 14 m^2/g par cette attaque, celle du produit brut n'est sensiblement pas changée par le même traitement qui a donc provoqué le départ d'une silice possédant une faible surface et n'étant réactive que du fait de son état amorphe ou divisé. Toutes ces déductions sont vérifiées par l'examen direct au microscope électronique qui fait l'objet de la Note ci-après de M. Pernoux.

Il est par conséquent logique d'admettre que l'efficacité d'un kieselguhr dans un catalyseur Fischer est liée à la quantité de silice *réactive* qu'il contient initialement ou qu'il est possible d'engendrer par traitement acide, ainsi qu'à la surface propre de cette silice réactive. La formation d'hydrosilicates à structure feuilletée ne peut en effet qu'être facilitée par cette silice.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Examen au microscope électronique de kieselghurs utilisés comme supports de catalyseurs.* Note (*) de M. **Émile Pernoux**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Des différences notables de comportement des kieselghurs utilisés comme supports de catalyseurs ont été mises en évidence dans une Note précédente ([1]). Elles sont en relation avec les divers traitements qu'ils subissent.

L'examen suivant au microscope électronique porte sur les échantillons ayant servi au travail de Teichner :

1° Filter-cel commercial brut;

2° Filter-cel traité aux acides;

3° Filter-cel traité aux acides, puis au carbonate de sodium à 5 % ;

4° Filter-cel brut traité au carbonate de sodium à 5 %.

Les clichés ont été faits avec le microscope T. T. C. du Laboratoire

(*) Séance du 16 mai 1949.

([1]) S. Teichner, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1644.

d'Optique électronique de l'Université de Lyon. Les kieselghurs en poudre ténue sont dispersés par agitation dans de l'eau distillée. On laisse décanter une goutte de la suspension sur un film mince de collodion. Le grossissement 6000 a été adopté pour toutes les micrographies.

Dans ces conditions l'examen direct et photographique ([2]) effectué sur une cinquantaine de préparations met en évidence les faits suivants :

1° Le filter-cel brut présente des pores au contour festonné de dimensions voisines de $0^{\mu},5$. Ils sont bien dessinés et régulièrement répartis. Sur d'autres régions des préparations, on observe des pores toujours bien dégagés, mais dont les dimensions sont différentes (comprises entre $0^{\mu},3$ et $0^{\mu},05$).

2° L'aspect du filter-cel traité aux acides est tout différent. Tous les pores de diamètre inférieur à $0^{\mu},05$ sont obturés, tandis que les plus grands montrent une obturation partielle par une substance d'aspect floconneux.

3° Un traitement ultérieur de l'échantillon n° 2 dans une solution de carbonate de sodium à 5 % modifie complètement l'aspect du produit. Les pores sont à nouveau débouchés et nettement délimités. Il semble d'autre part, que les festons qui les bordent se soient nettement atténués sous l'influence dissolvante du carbonate.

4° Le filter-cel brut traité directement au carbonate, diffère peu du filter-cel initial; les pores apparaissent seulement plus arrondis et moins festonnés.

Compte tenu du fait que les kieselghurs sont constitués dans une proportion de 95 % par de la silice amorphe hydratée à laquelle s'ajoutent des silicates et différentes impuretés (alumine et oxyde de fer), les observations précédentes s'interprètent comme suit :

Le traitement aux acides du produit brut provoque la formation superficielle d'un gel de silice qui obture les pores. Cette silice est redissoute par le traitement au carbonate de sodium à 5 %. Le traitement direct au carbonate du produit initial n'entraîne qu'une faible portion de la silice constituée par les parties les plus divisées (festons).

L'emploi du microscope électronique permet ainsi de confirmer point pour point les conclusions auxquelles Teichner était parvenu par des méthodes indirectes; il apporte de plus un renseignement nouveau sur la localisation des dépôts de silice amorphe formés par l'attaque acide.

C'est sans doute la première fois, dans le domaine de la catalyse, que des observations directes apportent leur confirmation aux résultats obtenus par les méthodes physico-chimiques indirectes telles que la mesure des surfaces spécifiques, les densités à l'hélium, etc. Ce travail sera poursuivi.

([2]) Les documents photographiques correspondants seront publiés prochainement dans la revue *Le Vide*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'interprétation, par la notion de* pH pondéré, *des mesures de* pH *concernant les milieux pauvres en eau.* Note de M. **Albert Levasseur**, présentée par M. Albert Portevin.

Les mesures de pH sont couramment l'objet d'interprétations erronées quand elles concernent des liquides dont la teneur en eau est faible ([1]). Par exemple, contrairement à une opinion très répandue, un pH de 7,07 n'implique pas, en pareil cas, la neutralité du milieu. Cela résulte de ce que le second membre de la relation d'action de masse

$$[\overset{+}{H}]\,[\overset{-}{OH}] = K[H^2O]$$

n'est pratiquement égal à $10^{-14,14}$ que lorsque la concentration moléculaire de l'eau, $[H^2O]$, est sensiblement la même que dans l'eau pure. Il n'en est pas ainsi pour de nombreux produits industriels, vernis, enduits, pâtes semi-fluides, ni encore pour diverses substances biologiques, tissus vivants, sécrétions, etc.

Nous proposons d'appeler *pH pondéré* (pHp) d'un liquide peu aqueux le pH ordinaire d'une solution complètement aqueuse pour laquelle le rapport des concentrations des ions $\overset{+}{H}$ et $\overset{-}{OH}$ serait le même que dans le liquide étudié.

Cette nouvelle notion est d'un emploi particulièrement commode pour deux raisons :

a. On a toujours, quelle que soit la teneur en eau du liquide étudié, pH$p < 7,07$ lorsque $[\overset{+}{H}] > [\overset{-}{OH}]$, et pH$p > 7,07$, lorsque $[\overset{+}{H}] < [\overset{-}{OH}]$.

b. Le pH pondéré est d'autant plus voisin du pH ordinaire que le milieu considéré est plus riche en eau. Pour une liqueur complètement aqueuse, le pHp devient égal au pH.

Admettons que le pH ordinaire du milieu faiblement aqueux ait pu être correctement mesuré et que, conformément à la définition classique, le chiffre ainsi trouvé exprime réellement le cologarithme du nombre d'ions-grammes $\overset{+}{H}$ que ce liquide contient par litre. On peut alors démontrer que le pH pondéré a pour expression :

(1) $$\mathrm{pH}p = \mathrm{pH} - \frac{1}{2}\log\frac{55,5}{[H^2O]}.$$

Considérons par exemple un liquide dont le pH soit 7,07, ce qui pourrait faire croire à sa neutralité, mais qui ne contienne, par litre, que 10^g d'eau, soit 0,555 mol/g. Son pH pondéré sera :

$$\mathrm{pH}p = 7,07 - \frac{1}{2}\log\frac{55,5}{0,555} = 6,07.$$

([1]) Lire à ce sujet : A. Levasseur, *Bull. Soc. Franç. Électr.*, 5e série, VI, 72, décembre 1936, p. 1213-1214.

Le liquide étudié n'est donc pas neutre, mais acide. (On vérifierait d'ailleurs facilement que la concentration des ions $\overset{+}{H}$ y est 100 fois plus grande que celle des ions $\overset{-}{OH}$.)

Il va sans dire que la formule (1) ne serait plus d'une application rigoureuse si le chiffre fourni par la mesure de pH n'exprimait pas exactement le cologarithme du nombre d'ions-grammes $\overset{+}{H}$ que le liquide contient par litre. Il conviendrait alors, en principe, d'examiner les circonstances de la mesure et de faire intervenir les notions d'*activité* et de *force ionique*. Mais la formule (1) semble, même en pareille hypothèse, donner pour la pratique une approximation suffisante.

Il est évidemment avantageux que les états d'acidi-basicité ionique des milieux pauvres en eau puissent être repérés suivant une échelle dont les chiffres correspondent, par leur signification utile, à ceux de l'échelle des pH ordinaires. La notion de pH pondéré semble donc appelée à rendre de réels services, ne serait-ce qu'en évitant, de manière presque automatique, de graves erreurs d'interprétation.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *L'hydrolyse des halogénures du type allylique.* Note de MM. **Albert Kirrmann** et **Henri Pourrat**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Les réactions de double échange des halogénures organiques, l'hydrolyse alcaline en particulier, obéissent, d'après Ingold et d'autres, à une cinétique assez simple, comportant quelquefois une réaction du premier ordre, considérée comme monomoléculaire, plus souvent une réaction bimoléculaire ou même une superposition des deux, exprimable par l'équation (A), où x est la concentration de l'halogène libéré, c celle de l'halogénure et b celle de la base (ion OH) au début de l'hydrolyse; k^{I} et k^{II} sont les constantes du premier et du deuxième ordre

$$\text{(A)} \qquad V = \frac{dx}{dt} = k^{\mathrm{I}}(c-x) + k^{\mathrm{II}}(c-x)(b-x).$$

La vitesse initiale V_0 permet de déterminer les deux constantes par le tracé de la droite (B)

$$\text{(B)} \qquad \frac{V_0}{c} = k^{\mathrm{I}} + k^{\mathrm{II}} b.$$

Un exemple récent est fourni par l'acide α-bromopropionique dans l'eau ([1]). L'alcoolyse, acide ou alcaline, ressemble à l'hydrolyse. Les halogénures de type allylique ont donné jusqu'ici les mêmes résultats ([2]).

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, **13**, 1946, p. 651.
([2]) Katch, *J. Am. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 1037.

Nous avons repris d'une façon systématique l'hydrolyse des dérivés allyliques. Une première série de mesures dans le mélange eau-alcool ([3]) nous a montré que les résultats en milieu alcalin ne paraissent pas se raccorder à ceux en milieu acide. Mais la superposition d'une alcoolyse à l'hydrolyse complique le phénomène. C'est pourquoi l'un de nous a repris cette étude dans le milieu eau-dioxane à 50 % ([4]).

L'hydrolyse neutre ou acide, très lente, est nettement du premier ordre pour le chlorure d'allyle. En milieu alcalin, elle est assez rapide pour que l'effet de k^{I} soit négligeable. Par rapport à l'halogénure, elle reste du premier ordre, mais l'augmentation de V_0 avec b n'est plus linéaire. On peut penser que cette anomalie est due aux variations d'activité de la soude. Cependant, un essai sur l'acide bromopropionique nous a montré que ce solvant ne créait aucune perturbation. On retrouve une droite B comme dans les résultats de Saïto ([1]). Nous envisageons donc plutôt l'hypothèse d'une réaction accessoire, qui ne peut pas précéder l'hydrolyse, mais qui doit l'accompagner sous une forme rapide et réversible. Elle doit dissimuler, en quelque sorte, l'ion hydroxyle. Nous pouvons en exprimer l'effet par une équation (C), introduisant un nouveau paramètre K.

Elle peut être intégrée dans le cas général (D) et dans le cas où $b=c$ (D′)

(C) $$V=\frac{dx}{dt}=k^{II}\frac{(c-x)(b-x)}{1+K(b-x)},$$

(D) $$k^{II}t=\frac{1}{b-c}\operatorname{Log}\frac{c(b-x)}{b(c-x)}-K\operatorname{Log}\frac{c-x}{c},$$

(D′) $$k^{II}t=\frac{1}{c-x}-\frac{1}{c}-K\operatorname{Log}\frac{c-x}{c}.$$

L'expérience montre effectivement que $V=f(x)$ diminue beaucoup plus lentement que dans une réaction du deuxième ordre et reste pratiquement constant jusqu'à un taux de transformation de 5 à 10 %, ce qui facilite la mesure de V_0. Par la relation (E), appliquée à différentes valeurs de b et de c, on peut déterminer une valeur moyenne de K. Cette valeur, portée dans toutes les équations (E), permet de calculer autant de valeurs de k^{II}. Elles concordent entre elles d'une façon tout à fait satisfaisante, ce qui nous autorise à considérer k^{II} comme une constante caractéristique de la réaction et de comparer ainsi les mobilités de l'halogène dans tous les dérivés allyliques. La même valeur de K, portée dans l'équation (D′), a permis de vérifier la constance de k^{II} dans une expérience prolongée

(E) $$V_0=k^{II}\frac{cb}{1+Kb}.$$

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 745.

([4]) Pourrat, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 205.

Le tableau ci-dessous montre ces résultats pour le chlorure et le bromure d'allyle à 30° avec une valeur commune de $K = 2,5$, où V_0 est exprimé en molécules par minute. On trouve d'une façon très concordante $k^{II} = 2,6.10^{-3}$ pour le chlorure et $69,10^{-3}$ pour le bromure.

Chlorure d'allyle.				Bromure d'allyle.			
— $c = 0,1.$		— $k^{I} = 0,95.10^{-6}.$		$c = 0,05.$ $c = 0,1.$		$k^{I} = 0,19.10^{-4}.$ $k^{I} = 0,19.10^{-4}.$	
c.	*b.*	$V_0.10^5$.	$k^{II}.10^3$.	*c.*	*b.*	$V_0.10^3$.	$k^{II}.10^3$.
0,05	0,10......	1,1	2,7	0,05	0,10......	0,275	69
0,05	0,25......	2,0	2,6	0,05	0,25......	0,54	70
0,05	0,50......	2,85	2,6	0,05	0,50......	0,79	71
0,10	0,05......	0,85	(1,9)	0,10	0,05......	0,225	(51)
0,10	0,10......	2,1	2,6	0,10	0,10......	0,56	70
0,10	0,25......	4,1	2,7	0,10	0,167.....	0,78	66
0,10	0,33......	4,7	2,6	0,10	0,20......	0,90	68
0,10	0,50......	5,85	2,6	0,10	0,25......	1,10	71
0,20	0,05......	1,9	(2,1)	0,10	0,33......	1,24	68
0,20	0,10......	4,2	2,6	0,10	0,50......	1,55	70

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de l'hydrogène sur la cohésion de l'acier.* Note (*) de MM. **Paul Bastien** et **Pierre Azou**, présentée par M. Albert Portevin.

L'examen de la section de rupture d'éprouvettes d'acier recuit à 0,15 % de carbone, chargées ou non en hydrogène, montre qu'un facteur, autre que la striction qui, pour un état donné, varie relativement peu pour des essais de traction statique exécutés entre +15 et —160°C, joue un rôle important : ce facteur est le rapport des sections ayant travaillé, au moment de la rupture, respectivement à la décohésion et au glissement, sections qu'il est facile de distinguer d'après leur forme, leur localisation et leur aspect ([1]).

Soient S la surface totale de la section de striction à la rupture, s la surface ayant travaillé à la décohésion qui, dans les cas examinés ici, est intragranulaire. Au moment de la rupture *après striction*, on peut considérer qu'il y aura, en un point, soit rupture par décohésion si la contrainte axiale y est égale à la composante axiale C_a de la contrainte de décohésion C, soit rupture par glissement si elle y est égale à la composante axiale G_a de la contrainte de cisaillement G. Si R est la charge appliquée à l'éprouvette à la rupture, on peut écrire

$$\frac{R}{s} = C_a + G_a \frac{S - s}{s}. \qquad (1)$$

(*) Séance du 9 mai 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1337.

C peut être considéré comme indépendant de la température, alors que G croît lorsque la température baisse; (1) peut s'écrire

$$\frac{R}{s} = C + L\frac{S-s}{s} + C(\sin\varphi_m - 1) + (G_a - L)\frac{S-s}{s},$$

L : constante à déterminer, φ_m : valeur moyenne de l'angle de l'axe de l'éprouvette et des plans de rupture par décohésion.

L'expérience (*fig.* 1) indique, lorsque la température θ varie, une relation linéaire entre R/s et $(S-s)/s$ et, comme R/s a pour limite C quand $(S-s)/s$ tend vers zéro, cela implique

$$(2) \qquad C(\sin\varphi_m - 1) + (G_a - L)\frac{S-s}{s} \equiv 0.$$

Cette représentation a, entre autres, l'intérêt de donner, par l'ordonnée à l'origine de la droite (1), la valeur de la cohésion du métal. Elle montre nette-

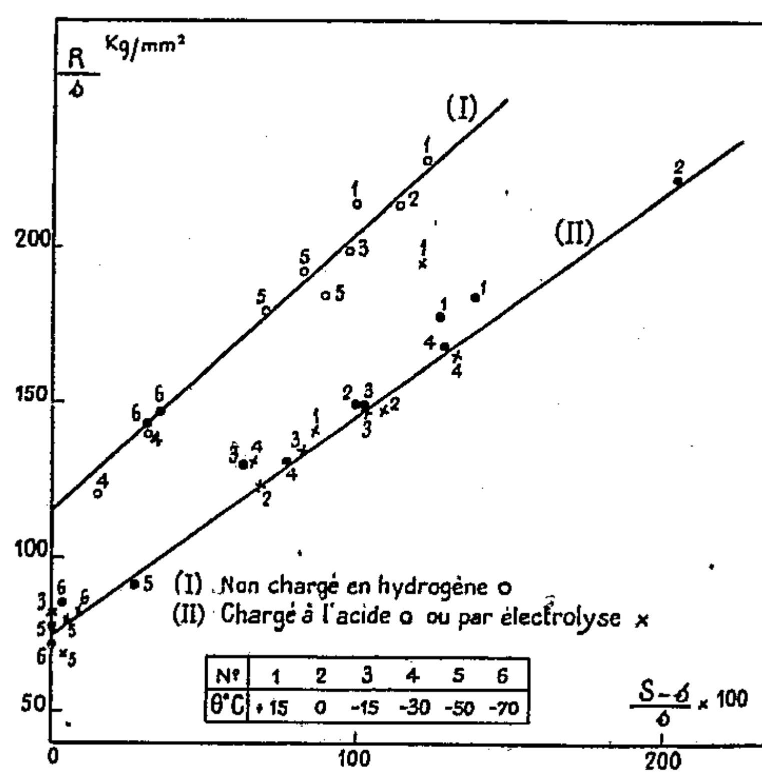


Fig. 1.

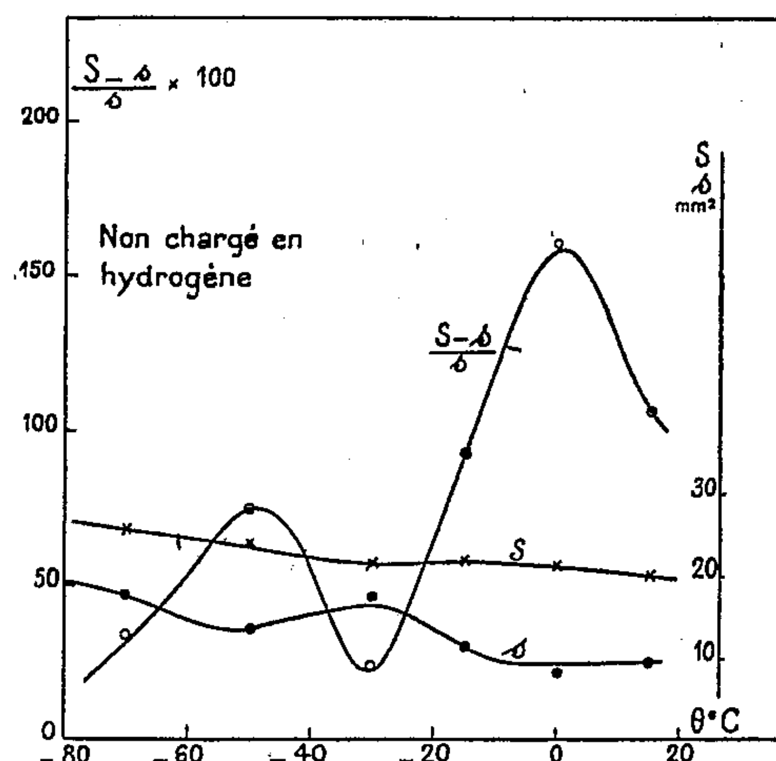


Fig. 2.

ment que la différence essentielle entre un acier chargé en hydrogène et le même acier de référence non chargé réside dans la valeur de la cohésion que l'on peut chiffrer comme il suit :

acier non chargé : 115 kg/mm²
acier chargé en hydrogène : 74 kg/mm² } à ± 5-10 %.

Il est à noter que les points expérimentaux sur les droites $(R/s) = C + G(S-s)/s$ ne sont pas rangés dans l'ordre des températures, ceci est dû au fait que les variations de R/s ou de $(S-s)/s$ ne sont pas régulières, mais présentent, aussi bien pour l'acier non chargé en hydrogène que pour celui qui est chargé à l'acide ou par électrolyse, des maxima et des minima (figure 2 relative à l'acier non chargé).

La valeur de $(S-s)/s$ doit satisfaire à la relation (2) : ceci nous a permis de retrouver par voie théorique, en nous basant sur l'existence ([2]) de trois plans actifs de cisaillement variables avec θ, l'allure de la variation de $(S-s)/s=f(\theta)$ trouvée expérimentalement (*fig.* 2).

Pour les essais effectués à la température de l'air liquide, la cassure des éprouvettes de traction montre que la surface annulaire $S-s$ travaillant par glissement au moment de la rupture est pratiquement nulle, ce qui permet de déterminer directement la valeur de la cohésion du métal : *a*. pour l'acier non chargé, on trouve 126 kg/mm², alors que l'ordonnée à l'origine de la droite $(R/s)=f(S-s)/s$ correspondante donne 115 kg/mm²; l'écart est de l'ordre de 10 %, il doit être en relation avec une action de la température sur G; *b*. en ce qui concerne l'acier chargé en hydrogène, des anomalies curieuses commencent à se produire aux alentours de — 110° C et sont en cours d'étude.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la nature de la couche superficielle d'abrasion du laiton* α. Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons décrit la structure micrographique du laiton α recuit frotté sur les abrasifs. La partie la plus superficielle (0,7 à $1^{\mu},5$) de la couche écrouie ainsi formée montre au microscope un réseau dont les mailles délimitent de petits éléments de l'ordre de $0^{\mu},5$. Dance et Norris qui ont observé cette structure ([2]) l'attribue à la recristallisation de l'alliage déformé sous l'influence de l'échauffement local. Cette conclusion repose sur la micrographie d'éprouvettes abrasées recuites ou non à des températures croissantes, et sur des mesures de microdureté.

Nous avons pensé que l'étude du phénomène de la continuité cristalline entre la surface de laiton et un dépôt électrolytique de cuivre pourrait aider à élucider la nature des premières portions perturbées. On sait que le réseau cristallographique du cuivre continue, à l'échelle du microscope, celui du laiton, aux seules conditions que la surface soit bien cristallisée et très propre ([3]).

Trois éprouvettes abrasées sur le papier d'émeri n° 2 ont été préparées. L'une est conservée sous cet état et seulement nettoyée en cathode dans la soude; la seconde est traitée anodiquement dans un mélange d'acide phosphorique et d'alcool, afin de dissoudre une épaisseur de l'ordre de $0^{\mu},7$; la dernière

---

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1337.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1439.

([2]) *Nature*, 162, 1948, p. 71.

([3]) P.-A. Jacquet, *Journal de Chimie physique*, 33, 1936, p. 226. *Voir* aussi A. Portevin et M. Cymboliste, *Revue de Métallurgie*, 30, 1933, p. 323; *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 1211.

est polie électrolytiquement pendant 8 minutes (dissolution de 8^{μ} environ). Les trois surfaces sont recouvertes simultanément d'un dépôt de cuivre épais en bain de sulfate de cuivre acidifié. Chacune des sections obliques (angle de 7°), subit un polissage électrolytique d'une durée de huit heures, puis une attaque anodique dans l'hyposulfite de sodium. De part et d'autre de l'interface laiton-cuivre s'observent les structures suivantes.

Éprouvette brute d'abrasion. — D'une manière générale chacun des petits éléments microscopiques du laiton donne naissance à un très petit cristal de cuivre (environ 1.10^6 cristaux par millimètre carré). Il y a donc une continuité à l'échelle microcristalline.

Éprouvette privée de la couche de $0^{\mu},7$. — L'aspect est pratiquement le même que ci-dessus. Cependant en certains points les cristaux de cuivre sont de taille un peu supérieure.

Éprouvette privée de la couche de 8^{μ}. — Bien que sa structure soit encore très perturbée (microbandes de déformation et systèmes de stries orientés) presque chacun des grains de laiton, dont les joints arrivent d'ailleurs jusqu'à l'interface — ce qui n'était pas le cas des sections précédentes — donne naissance à un gros cristal de cuivre qui le continue parfaitement. Ce cristal montre souvent une sous-structure constituée de lignes à peine révélées qui prolongent avec leurs taille et orientation respectives certaines microbandes et stries du grain de laiton sous-jacent.

Ces résultats apportent une preuve micrographique à la nature des surfaces abrasées déduite par G. Chaudron et ses collaborateurs, de leurs études aux rayons X sur les gros cristaux de fer et d'aluminium (1). Les diagrammes avaient montré que le frottement sur l'émeri fait apparaître une couche superficielle ayant une épaisseur de quelques microns et contenant des cristallites totalement désordonnées, suivie d'une région nettement plus épaisse où les sous-grains ou blocs cristallins présentent une orientation commune dépendant de la symétrie du cristal sous-jacent qui leur a donné naissance.

En admettant que le laiton se comporte comme le fer et l'aluminium, la mince couche en surface doit donner un dépôt de cuivre micro-cristallin désorienté, et la seconde un dépôt qui, en raison de la communauté d'orientation des cristallites correspondant à chaque cristal, reconstituera, au moins en apparence, ce cristal. On peut concevoir qu'il existe des joints intracristallins analogues aux joints intercristallins et ce sont eux qui formeraient la sous-structure observée dans les cristaux de cuivre.

Des essais de microdureté, sous charge de $5^{g},1$ exécutés par M. H. Bückle n'ont pas confirmé l'adoucissement de la couche la plus superficielle, observé par Dance et Norris. Dans la limite de précision des mesures, assez

(1) J. Benard, P. Lacombe et G. Chaudron, *Comptes rendus des Journées des États de surface*, 1946, p. 73; J. Benard et P. Lacombe, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 182.

mauvaise (7 à 15 %) étant donné l'hétérogénéité structurale des sections, la microdureté décroit de 165kg/mm² à 0μ,5 sous la suface, jusqu'à 80kg/mm² à la limite de la zone perturbée. La courbe de la microdureté du dépôt de cuivre possède la même allure, due, ici, à la variation de taille des cristaux : à 0μ,5 de l'interface, $m\Delta = 206$kg/mm², grain de 1μ²; à 26μ, $m\Delta \doteq 60$kg/mm², grain de 64μ².

Ainsi donc, même si la surface contenait des microcristaux de recristallisation thermique, sa microdureté ne serait vraisemblablement pas inférieure à la valeur correspondant à l'alliage écroui sous-jacent. Nous estimons que dans les conditions de nos expériences la structure la plus superficielle du laiton abrasé consiste en blocs cristallins désorientés résultant du morcellement des grains de la solution solide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et étude de quelques* tertio-*alcoylamines.* Note de Mlle **Gisèle Vexlearschi**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le problème des rapports entre la structure et la basicité des amines a déjà suscité de nombreuses recherches ([1]), mais il semble bien qu'il puisse être résolu seulement par une étude systématique de l'influence de la ramification des chaînes hydrocarbonées. C'est dans ce but que j'ai tout d'abord préparé et étudié les *t*-alcoylamines primaires les plus simples $\frac{R}{R'}\!>\!C\!<\!\frac{R''}{NH_2}$, encore assez mal connues, bien que Mentzer ait récemment signalé les remarquables propriétés physiologiques de quelques homologues supérieurs possédant un noyau aromatique en position β ou une longue chaîne aliphatique ([2]).

Les procédés de synthèse habituellement employés conviennent très mal pour ces amines, notamment à cause de la formation prépondérante de carbure éthylénique. On peut cependant obtenir assez facilement certaines d'entre elles à partir des monoalcoylurées préparées par la méthode de Harvey et Caplan ([3]) : condensation d'un alcool tertiaire avec l'urée, en présence d'acide sulfurique, à froid. Je n'ai pu alcoyler par la même méthode d'autres amides ou des amines comme l'aniline. En partant de la monophénylurée, j'espérais obtenir de la N-*t*-butylaniline; en réalité, il s'est formé de la *p*-*t*-butylaniline qui a été identifiée par son point d'ébullition et par le point de fusion du dérivé acétylé. Pour avoir les amines elles-mêmes, il suffit ensuite d'hydrolyser l'alcoylurée directement, avec de la soude concentrée, en solution dans le glycol ([4]), ou simplement dans l'alcool, sans passer par les intermédiaires

([1]) *Voir*, en particulier, N. F. Hall et M. R. Sprinkle, *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3469-3485.

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 581; C. Mentzer, Buu-Hoï et P. Cagnant, *Bull. Soc. Chim.*, 9, 1942, p. 813-818.

([3]) *U. S. P.*, 2 247 495, 1er juillet 1941.

([4]) D. E. Pearson, J. F. Baxter et K. N. Carter, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 2290-1.

préconisés par d'autres auteurs. Les rendements, satisfaisant dans la plupart des cas étudiés, ont au contraire été absolument dérisoires à partir du triéthylcarbinol et du benzyldiméthylcarbinol. Pour cette raison, la *t*-heptylamine a été préparée à partir du nitrile ramifié correspondant.

Il était intéressant de voir si l'encombrement autour du carbone voisin de l'azote aurait une répercussion sur la basicité de ces amines. C'est dans ce but que j'ai déterminé, à l'aide d'une électrode de verre, les constantes de dissociation des ions ammonium correspondants. Les résultats obtenus indiquent nettement qu'en réalité, la ramification n'a guère d'influence dans ce cas.

R.	RNH.CO.NH_2 PF.	RNH_2 PE.	RNH_2, HCl PF.	Constantes de dissociation		
				Concentration.	t°.	pK_H.
$(CH_3)_3C$..........	191	45	env. 310	N/100	16°	10,82 ± 0,05
$(CH_3)_2C(C_2H_5)$.....	161,5	78	« 195	N/100	16°	10,95 «
$(CH_3)C(C_2H_5)_2$.....	205 (subl.)	107	« 273	N/100	16°	11,04 «
$(C_2H_5)_3C$..........	160	133	« 280	N/100	18°	11,00 «
$(CH_3)_2C(n\text{-}C_5H_{11})$...	128	154	« 192	N/100	16°	10,95 «

Les pK_H augmentent parfois un peu avec le nombre de carbones dans une même série, mais ils sont cependant tous du même ordre de grandeur, même celui de la *t*-heptylamine pour laquelle on aurait pu envisager une anomalie à cause de la difficulté particulière de sa préparation.

Voici, en effet, à titre de comparaison, les pK_H de quelques autres amines primaires, d'après Hall et Sprinkle, à 25° [1] : *i*-propylamine 10,63, *n*-butylamine 10,61, *i*-butylamine 10,42, *s*-butylamine 10,56, *n*-amylamine 10,64, *i*-amylamine 10,64, cyclohexylamine 10,64; ou, d'après mes propres mesures, *n*-butylamine 10,80 (16° 0,01 N), cyclohexylamine 11,05 (16° 0,01 N), amino-2 heptane 11,15 (19° 0,005 N; extrapolation, pour l'eau, de valeurs obtenues dans l'alcool dilué), amino-1 octane 11,20 (18°5 0,005 N, même extrapolation), néopentylamine 10,58 (16° 0,01 N).

Tout cela montre combien minime est l'influence de la ramification en α par rapport à l'atome d'azote. On remarquera cependant que la néopentylamine, ramifiée en β, est nettement moins basique que les autres monoamylamines, ce que l'on peut espérer expliquer par des considérations stériques, après étude des amines secondaires ou tertiaires ramifiées, où l'azote est plus encombré de toutes parts.

J'ai constaté, par ailleurs, qu'en série aromatique, l'influence d'un groupement tertiaire sur l'azote est particulièrement grande. Le pK_H passe ainsi de 5,15 environ pour la monopropylaniline [1] à 7,10 pour la N-*t*-butylaniline (19° 0,002 N). Les observations précédentes, relatives à des composés purement aliphatiques, mettent en relief le caractère imprévu de ce résultat que des recherches en cours permettent déjà d'envisager comme un exemple particulièrement simple d'empêchement stérique de la mésomérie.

GÉOLOGIE. — *Présence de quartzites élastiques dans les grès armoricains métamorphiques de Berrien (Finistère).* Note de MM. **Léonard Ginsburg** et **Gabriel Lucas**, présentée par M. Charles Jacob.

Le massif granitique du Huelgoat est encadré par les collines arquées de Saint-Michel-de-Brasparts et du Tuchen-Gador, à l'Ouest, de Berrien à l'Est. Récemment M. A. Guilcher ([1]) reprenant la première interprétation de Barrois ([2]) et celle de la carte de France au 1/1 000 000, a considéré ces collines arquées comme constituées par le Grès armoricain, enveloppé de Schistes à Calymènes, et dessinant des terminaisons périclinales. Des courses faites dans cette région en 1947 et 1948 avaient amené l'un de nous (G. L) à la même conclusion. En 1948, au cours d'une excursion commune, l'autre (L. G) a observé dans le Grès armoricain métamorphique de Berrien, près des schistes à andalousite et grenat d'An Avalennou, des lits psammitiques fournissant les plaquettes nettement déformables et élastiques qui rappellent les itacolumites. Une lame de 95^{mm}, épaisse de $4^{mm},5$, peut être déformée de 9^{mm}; on mesure 13^{mm} de déplacement pour une autre lame de 48^{mm}, épaisse de $1^{mm},5$. La déformation ne semble pas posséder de direction privilégiée dans le plan de stratification.

L'étude au microscope montre une roche formée presque entièrement de quartz, avec un peu de mica blanc et de très petits cristaux de tourmaline et de staurotide de néoformation. Du mica noir apparaît aussi, en minuscules gouttelettes dans l'épaisseur de certains quartz. Le mica blanc en petites paillettes tapisse les délits psammitiques; il en existe aussi dans la masse de la roche, où il traverse les grains de quartz et est nettement orienté suivant des plans parallèles analogues à des plans de schistosité et faisant avec la stratification un angle de 75 à 80°. Dans les délits, les paillettes, au lieu de rester tout à fait à plat, se sont légèrement rapprochées de cette même direction.

Les grains de quartz, de 250^{μ} de diamètre moyen, ont des contours très déchiquetés, et s'engrènent les uns dans les autres, en laissant entre eux un vide très fin, facilement décelable par une imprégnation au bleu de méthylène. Comme dans les cas d'itacolumite étudiés par L. Cayeux ([3]), il semble que le mica ne joue aucun rôle dans l'élasticité de la roche, celle-ci résultant simplement de l'articulation des quartz. Il n'est pas improbable que les vides pelliculaires soient dus à la corrosion de la silice, lors du métamorphisme, le long des limites des grains. Quant aux dentelures engrenées, il semble plausible de les rapprocher de la structure, énigmatique elle aussi, des joints stylolithiques. Dans les cas observés ici, l'élasticité est localisée à de minces

([1]) *C. R. Somm. S. G. F.*, 1948, p. 282.
([2]) *B. S. G. F.*, (3), 14, p. 678.
([3]) *Roches siliceuses*, 1929, p. 196.

plaquettes dans les bancs plus épais; le développement des filonnets de quartz empêche toute déformation.

Il nous a semblé utile de signaler l'existence de ces quartzites élastiques, car les gisements d'itacolumite ne sont pas fréquents : on rencontre surtout cette structure au Brésil, aux Indes, et aussi ([4]) au Gabon, c'est à dire dans des socles anciens. C'est à notre connaissance, la première fois qu'on la signale en Europe.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le déclenchement artificiel de la pluie.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Charles Maurain.

Des essais de givrage, effectués de décembre 1948 à mars 1949, m'ont permis d'observer le comportement des nappes de câbles installées par l'Électricité de France, au sommet du Puy de Dôme, à une dizaine de mètres au-dessus du sol ([1]), dans la tempête de brouillard *lourd*, de température supérieure à zéro degré. Par exemple, le 15 décembre 1948, vers 19 heures, vent de W-S-W, 5 m/sec, température + 4°C, brouillard *lourd :* dans ces conditions, il pleut abondamment sous l'ensemble des onze câbles de 200^{m} de long et sur une surface de plusieurs dizaines de mètres de profondeur en arrière de ces nappes par rapport au vent, à l'exclusion de tout autre endroit libre d'obstacle. Les câbles constituent un support sur lequel viennent se fixer les particules de brouillard, mais l'abondance de la pluie, *sous le vent* de ces câbles, ne peut être expliquée que par l'augmentation locale très importante de la turbulence de l'air.

Sous l'influence de la turbulence, l'agglutination du brouillard doit en effet se faire plus aisément : bien que le phénomène observé ici soit très rapide, on ne peut guère invoquer d'autre processus. Ce phénomène n'est observable que lorsque le brouillard est *en instance* de se transformer en pluie : il expliquerait que la pluviosité, dans la région du Puy de Dôme est fonction de l'altitude; en effet, les sommets dont les hauteurs maxima se situent autour de 1 500^{m}, sont, par mauvais temps, plongés dans les nuages : ceux-ci subissent ainsi la turbulence due au voisinage du sol. Ce phénomène pluviométrique, très remarquable et d'une très grande netteté, a été mis en lumière par P. Seltzer ([2]). Un effet mécanique est donc suffisant pour déclencher la pluie dans un nuage adéquat.

Des essais systématiques ont été entrepris pour rechercher avec quelle avance, par rapport au processus naturel, on peut faire apparaître ce déclen-

([4]) B. Choubert, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 321.

([1]) H. Garrigue, R. Poyart et P. Hautefeuille, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 593-594.

([2]) *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy de Dôme*, 10, 1948.

chement artificiel par effet mécanique. On a employé, pour réaliser ces expérience, des fusées volantes lancées du sommet du Puy de Dôme. Une fusée à forte charge est munie d'un système de huit ailettes en aluminium. La tête de la fusée porte un pétard, garni ou non de poudre de matière inerte, sur laquelle, dans ce cas, après l'explosion, les premières particules lourdes de brouillard doivent venir se fixer. On opère sur des nuages bien délimités, situés à proximité de l'observatoire du sommet du Puy de Dôme, d'où l'on doit pouvoir suivre l'évolution. La fusée volante est lancée vers l'intérieur du nuage. Si celui-ci est en *instance de pluie*, il y a apparition d'un rideau inférieur, révélateur de la chute de bruine, quelque dix à trente minutes après l'explosion : deux essais caractéristiques ont ainsi été réalisés, le 28 décembre 1948 et le 12 février 1949.

Malheureusement, dans la plupart des cas positifs, la résolution naturelle spontanée des nuages environnants en rideaux de pluie, a eu lieu à des époques diverses, peu éloignées de l'époque de l'expérience : elle résultait d'un caractère d'instabilité d'origine météorologique. Il est donc difficile d'apprécier de combien de temps la turbulence provoquée par la fusée volante, par son explosion et la dissémination des poussières et des gaz au sein du nuage, avance la résolution de celui-ci en pluie. Il est également difficile d'affirmer si la fusée a joué un rôle prépondérant dans chaque cas.

D'autres essais sont en cours, mais il s'avère que la fusée volante est très difficile à régler. Elle n'atteint pas toujours son but, car elle ne peut être guidée en vol. De plus, l'observateur doit rester en dehors du nuage, et pour pouvoir tirer une conclusion correcte des observations, il faut opérer par vent calme. Enfin, le prix de revient de la fusée limite la multiplication des lancers.

La méthode est en voie de perfectionnement. Elle laisse entrevoir qu'on pourra l'utiliser, entre autres applications, à résoudre en pluie, à l'avance, une masse nuageuse à développement ascendant rapide à caractère orageux. La fusée paragrêle actuelle doit d'ailleurs déjà avoir une efficacité partielle, par un processus analogue, dans les cas où elle est utilisée au bon moment.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Remarque sur l'altitude des couches produisant la scintillation*. Note de MM. **Jean Coulomb** et **René Boutet**, présentée par M. André Danjon.

On sait que la scintillation et les déformations du bord des astres sont dues à l'hétérogénéité de l'atmosphère. Lorsque les perturbations sont restreintes à une ou plusieurs couches minces, il est possible en *tirant l'oculaire de façon à mettre au point sur la couche perturbante* (1) de calculer sa distance par la

(1) Bruch-Clastre, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 917.

formule de Newton comme si les accidents avaient des contours définis ([2]). Or il s'agit seulement de très faibles fluctuations d'indice présentant un caractère approximativement périodique. Si l'on a l'impression de pouvoir mettre au point, c'est que, à certains moments, l'on reçoit pendant un temps suffisant une onde quasi sphérique. Tout se passe alors comme si les rayons traversaient un système optique de très faible ouverture et de très grande distance focale, la mise au point se faisant sur le foyer virtuel des accidents pendant le temps où ce foyer est suffisamment défini et stationnaire. Plus la différence d'indice est faible, plus il est difficile de mettre au point, et en même temps plus l'erreur systématique sur la distance réelle de la couche perturbée est grande.

Une expérience facile montre le phénomène :

On met au point un viseur sur un objet lointain. Si l'on place à 2 mètres du viseur une flamme échauffant l'air, l'objet scintille : son image apparaît fragmentée et les fragments sautillent. On peut *mettre au point sur les accidents* en ramenant à soi l'oculaire; ils apparaissent très nombreux et se déplacent dans la même direction que l'air chaud, mais on est alors au point pour une distance de 9 mètres, et non sur la flamme, siège véritable des perturbations. On doit reculer encore l'oculaire pour obtenir le contour de celle-ci ou le bec qui la produit. Nous avons également vérifié que les phénomènes produits par deux flammes successives sont indépendants l'un de l'autre.

BOTANIQUE. — *Sur la morphologie des Vitacées.*

Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

On sait que les sarments des Vitacées présentent une particularité singulière : soit à chaque feuille (*Vitis Labrusca*), soit seulement à certaines d'entre elles (autres espèces), est opposée une *vrille* ou une *grappe*, de nature *raméale*, que n'axille aucun élément foliaire immédiatement reconnaissable. Depuis plus d'un siècle, cette singularité a fait l'objet d'interprétations diverses ([1]), dont aucune n'est satisfaisante : ou bien elles ne rendent pas correctement compte de l'orientation phyllotaxique des divers bourgeons et rameaux, ou bien elles prêtent aux Vignes une structure en désaccord avec les règles fondamentales de la morphologie des Angiospermes, par exemple une structure initiale oppositifoliée non décussée. Le but de la présente Note est de montrer que, tout en évitant ce désaccord, il est cependant possible de rendre compte très simplement de toutes les particularités morphologiques des Vitacées, à l'aide d'une théorie *monopodiale* reposant sur les bases suivantes :

([2]) Ventosa, *Ciel et Terre*, 1890, p. 25-33; 1899-1900, p. 197-337.

([1]) *Voir* Viala et Vermorel, *Ampélographie*, 1, Paris, 1910; Troll, *Vergl. Morph. d. h. Pflanzen*, 1, 1937; F. Bugnon, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 770, 937 et 1349.

a. Chez ces plantes, la disposition distique, généralement réalisée, n'est ni parfaite, ni surtout fondamentale. — Il est en effet connu que, sur le rameau primaire issu de la gemmule, de bas en haut, l'ordre des feuilles est d'abord plus ou moins exactement *tétrastique* (feuilles par paires sub-opposées, décussation entre paires successives), puis *polystique* (disposition spiralée, divergence oscillant entre 2/5 et 2/7) et enfin seulement *distique*, du moins à peu près ([2]). Quand ce dernier ordre est établi, le *plan phyllotaxique* de chaque bourgeon ou rameau-fils sépare, dans celui-ci, une *face ventrale*, tournée vers le rameau-père et une *face dorsale*, souvent d'aspect différent.

b. A la base de chaque bourgeon ou rameau, seule la seconde préfeuille est présente. — La première est toujours complètement avortée, mais sans que cela implique forcément la suppression du *bourgeon* qu'elle devrait axiller ([2]).

Cela conduit à l'interprétation que voici :

1. *Sarments :* contrairement au rameau primaire, par accélération ontogénique, ils sont *d'emblée distiques.* Leur axe S est un *monopode*. Chacun de leurs nœuds porte *une feuille unique* F, qui axille un bourgeon B.

2. *Entre-cœurs :* ce bourgeon B donne immédiatement un rameau chétif et caduc ou *entre-cœur*, qui est aussi d'emblée *distique*, avec face ventrale tournée vers S, selon la règle. Sa *première préfeuille*, ventrale pour S (c'est-à-dire située du côté ventral par rapport au plan phyllotaxique de S), est totalement avortée, selon la règle, mais *le bourgeon qu'elle devrait axiller peut cependant être développé : déplacé de 180° environ autour du nœud, il constitue alors, soit le rameau primaire* V_1 *d'une vrille, soit celui* G_1 *d'une grappe*, opposée à F. Sa *seconde préfeuille*, dorsale pour S, est une écaille, qui axille un bourgeon S′, capable d'engendrer l'année suivante un *sarment-fils*.

3. *Rameau primaire des vrilles* V_1 : il est aussi d'emblée *distique*. Sa *première préfeuille*, totalement avortée, serait ventrale pour B, comme celle de B serait ventrale pour S; elle serait donc sur le côté *interne* de V_1, regardant S. La *seconde préfeuille* est une petite écaille, située à 180° de la première, donc sur le côté *externe* de V_1; elle axille le rameau secondaire de la vrille, qui est également distique, et dont la face ventrale, conformément à la règle, regarde V_1. Il y a ensuite une *unique feuille*, insérée sur le côté *interne* de V_1, comme l'impose l'ordre distique; c'est une petite écaille très visible, située tout près du sommet de V_1, qu'elle tend à coiffer.

4. *Rameau primaire des grappes*, G_1 : contrairement à V_1, et même s'il est frappé de stérilité, *il n'est pas distique*. L'accélération ontogénique ne jouant pas, il se comporte comme le rameau primaire de la plante à sa base; il est donc d'abord *tétrastique*, puis plus ou moins nettement *polystique*. Ses deux

(2) L'évolution *tétrastique* → *polystique* se retrouve chez d'autres plantes, par exemple les *Ailantus*, les *Helianthus*, etc. Des bourgeons réellement existants, axillés par des préfeuilles totalement avortées, s'observent dans les *yeux* de la Pomme de terre.

préfeuilles sont identiques à celles de V_1 : la première, interne, est totalement avortée, tandis que la seconde, externe, axille le rameau secondaire. Ces deux préfeuilles constituent le premier couple du système tétrastique. Ensuite le second couple, en décussation avec le premier, est formé par deux petites bractées, axillant des bourgeons florifères. Le troisième couple, en décussation avec le second, est analogue, etc.

5. *Sarments-fils*, S′ : ce sont en réalité des fils de B, donc des petit-fils de S, de sorte que, d'emblée *distiques*, comme S, ils tournent leur face ventrale, non vers S, mais vers B. Leur *première préfeuille*, totalement avortée, serait ventrale pour B, donc sur le côté *interne*, regardant S, comme celle de V_1 ou de G_1. La *seconde préfeuille* est une écaille située du côté *externe*. Puis vient une *feuille écailleuse* insérée du côté *interne*, où elle remplace fonctionnellement la première préfeuille absente, et ensuite les *feuilles normales*, alternativement sur les côtés externe et interne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse diastasique des glucofructosanes : influence du rapport enzyme/substrat sur l'allure de la réaction.* Note de M. **Henri Belval** et Mme **Andrée de Grandchamp-Chaudun**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'étude mathématique de l'hydrolyse diastasique des polysaccharides tributaires de la saccharase, celle de la décomposition par l'émulsine des glucosides d'alcools, en permettant d'affirmer que la variation de la vitesse d'hydrolyse en fonction du temps dépend essentiellement du rapport des concentrations de l'enzyme et du substrat, ont conduit à envisager l'hypothèse de la formation instantanée d'un complexe transitoire ferment-substrat se décomposant ensuite conformément à la loi d'action de masse. En est-il de même dans l'hydrolyse diastasique des glucofructosanes sous l'action du ferment que nous avons déjà utilisé, *Invertase concentrate*?

Nous avons étudié la glucofructosane de Narcisse qui livre à l'hydrolyse 10 à 11 % de glucose contre 90 à 89 % de fructose. Le phénomène est ici très complexe puisqu'il faut considérer quatre réactions distinctes : départ massif du glucose α au début du phénomène, transformation de ce glucose en glucose stable de pouvoir rotatoire $+52°,5$, scission du reste de la molécule en plusieurs molécules de fructose, mutarotation de ce fructose. La différence $\alpha_t - \alpha_{t+1}$ entre deux lectures successives au polarimètre mesure la résultante de ces quatre réactions, sans qu'il soit possible de déterminer la part qui revient à chacune d'elles. On peut, du moins, éliminer l'action de la mutarotation par addition d'une trace d'alcali à la liqueur soumise à l'hydrolyse.

L'expérience a été conduite de la façon suivante; la température étant main-

tenue rigoureusement constante, on prélève à chaque unité de temps 20^{cm^3} de la solution et l'on y ajoute une goutte de soude concentrée qui arrête l'hydrolyse et amène les hexoses libérés à leur forme stable; dans ces conditions, $\alpha_t - \alpha_{t+1}$ mesure la somme des vitesses V_g et V_f d'apparition du glucose et du fructose.

Dans le cas de la formation d'un complexe enzyme-glucofructosane, trois cas peuvent se présenter :

PREMIER CAS. — *L'enzyme est en excès par rapport aux deux hexoses de la glucofructosane.* — La totalité du substrat se porte instantanément sur l'enzyme et la concentration du complexe allant en décroissant dès le début, il en est de même des différences $\alpha_t - \alpha_{t+1}$, comme en font foi les résultats de l'hydrolyse effectuée dans les conditions ci-dessous :

Glucofructosane : 5 %; enzyme : 2 %; $l = 3$; $\lambda = 5890$; $t = 20°$; pH 5.

Temps (en demi-heures).	α_t (°).	$\alpha_t - \alpha_{t+1}$ (°).	Temps (en demi-heures).	α_t (°).	$\alpha_t - \alpha_{t+1}$ (°).
0......	−3,50	–	5......	−5,76	0,30
1......	−4,14	0,64	6......	−6,03	0,27
2......	−4,66	0,52	8......	−6,50	0,47 } (pour 1h)
3......	−5,10	0,44	10......	−6,90	0,40 } (pour 1h)
4......	−5,46	0,36	12......	−7,20	0,30 } (pour 1h)

DEUXIÈME CAS. — *L'enzyme, en excès par rapport au glucose, est déficitaire relativement au fructose.* — On observe alors au début de la réaction, une vitesse décroissante, somme d'une vitesse constante V_f et d'une autre, V_g, qui suit la loi exponentielle; puis, V_g devenant très petit par rapport à V_f, cette dernière quantité, seule mesurable, reste constante pendant quelque temps, puis décroît jusqu'au terme de la réaction. C'est ce que montre l'hydrolyse ci-dessous :

Glucofructosane, 6,5 %; enzyme, 1,5 %; $l = 3$; $\lambda = 5890$; $t = 21°$; pH 5.

Temps (en demi-heures).	α_t (°).	$\alpha_t - \alpha_{t+1}$ (°).	Temps (en demi-heures).	α_t (°).	$\alpha_t - \alpha_{t+1}$ (°).
0........	−5,06	–	5........	−6,96	0,30
1........	−5,63	0,57	6........	−7,22	0,26
2........	−6,06	0,43	7........	−7,43	0,21
3........	−6,36	0,30	8........	−7,60	0,17
4........	−6,66	0,30			

TROISIÈME CAS. — *L'enzyme est déficitaire par rapport au glucose et au fructose à la fois.* — La vitesse résultante est d'abord constante, puisque V_g et V_f le sont séparément; puis on est ramené au deuxième cas à partir du moment où V_g diminue, comme on peut le constater dans l'expérience suivante :

Glucofructosane : 10 % ; enzyme : 1 % ; $l = 3$; $\alpha = 5890$; $t = 21°$; pH 5.

Temps (en demi-heures).	α_t (°).	$\alpha_t - \alpha_{t+1}$ (°).	Temps (en demi-heures).	α_t (°).	$\alpha_t - \alpha_{t+1}$ (°).
0......	−6,94	–	6......	− 8,92	0,26
1......	−7,30	0,36	7......	− 9,16	0,24
2......	−7,66	0,36	8......	− 9,40	0,24
3......	−8,02	0,36	9......	− 9,64	0,24
4......	−8,36	0,34	10......	− 9,88	0,24
5......	−8,66	0,30	12......	−10,23	0,35 (p. 1h)

On voit donc que la marche de l'hydrolyse diastasique de la glucofructosane varie bien avec la valeur du rapport enzyme/substrat.

HISTOLOGIE. — *Relations topographiques et signification fonctionnelle de la localisation du glycogène dans le mésentéron de larves de* Simulium *(Diptères) au dernier stade.* Note de M. **André Pacaud**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La localisation du glycogène dans l'épithélium du mésentéron chez les larves de Diptères présente des particularités remarquables qui ont notamment retenu l'attention de Wigglesworth ([1]). Étudiant cette localisation chez les larves d'*Aedes ægypti* au stade précédant la nymphose, cet auteur aboutit à des conclusions d'une très grande portée relativement aux modalités de l'absorption intestinale et de la formation des réserves chez les larves considérées.

Dans des études précédentes ([2]), nous avons montré l'existence de particularités du même type, mais autrement localisées, chez les larves de *Simulium* (Simuliidæ). L'objet de la présente Note est d'exposer les caractères topographiques et la signification fonctionnelle de cette localisation. Nous bornerons notre description aux faits observés chez la larve de *Simulium costatum* Fried. au dernier stade.

La technique histochimique est celle décrite précédemment ([2]). Toutefois, la fixation du glycogène a été également réalisée par le bichromate-formol de Regaud, à la glacière, procédé qui nous a donné dans plusieurs cas des résultats sensiblement supérieurs à ceux obtenus généralement avec le fixateur alcoolique saturé d'acide picrique selon Gendre ([3]). L'étude topographique de l'intestin est effectuée par les techniques histologiques habituelles et notamment par coloration à l'hématoxyline au fer.

1. On observe en premier lieu que l'accumulation du glycogène à ce stade

---

([1]) *J. of Exp. Biol.*, 19, 1942, p. 56.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 138, 1944, p. 264 et 139, 1945, p. 471.
([3]) *Bull. Hist. Appl.*, 14, 1937, p. 262.

peut intéresser à la fois les grandes cellules du mésentéron larvaire et les petites *régénératrices.* Notre travail établit que ces deux sortes d'accumulation présentent des modalités et une signification fonctionnelle radicalement différentes.

2. L'accumulation de glycogène dans les régénératrices est constante durant ce stade. Elle devient très apparente au début du décollement de l'ancienne cuticule et persiste généralement au delà de la mue nymphale. Elle s'atténue ultérieurement au cours de l'édification du nouveau mésentéron, qui, à l'éclosion de l'adulte, ne montre plus de glycogène.

Techniquement, ce glycogène des cellules régénératrices est relativement difficile à démontrer, en raison de la densité des enclaves encombrant par ailleurs le cytoplasme (ribonucléines notamment). L'interprétation fonctionnelle de son accumulation après la mue prénymphale se rattache de façon claire au problème plus général du rôle du glycogène au cours de la prolifération des éléments cellulaires.

3. L'accumulation du glycogène dans l'épithélium larvaire est, au contraire, contingente, liée à l'alimentation et étroitement localisée, en zones d'inégale importance. La principale de ces zones se termine abruptement, aux environs du tiers postérieur de la longueur du mésentéron, au lieu de se continuer jusqu'à la région pylorique comme Wigglesworth l'observe chez les larves d'*Aedes*. On note en outre que ce fait correspond topographiquement à une différenciation du mésentéron larvaire en territoires cellulaires morphologiquement définis. Chez *Simulium*, deux seulement de ces territoires, situés dans la région moyenne du mésentéron tubulaire, sont susceptibles d'accumuler du glycogène en quantité appréciable au cours de ce stade d'intermue. La description détaillée de ces faits morphologiques sera donnée par ailleurs.

4. Comme le glycogène contenu dans les régénératrices, celui des cellules larvaires peut subsister au delà de la mue nymphale. Mais sa destinée est tout autre. On remarque en particulier, que les cellules où il existe dégénèrent précocement, avant les autres territoires du mésentéron larvaire. Cette dégénérescence précède la lyse du glycogène, lequel est encore visible aprés la pycnose nucléaire, la disparition des enclaves cytoplasmiques basophiles et la dissociation plus ou moins avancée du rhabdorium. L'étude détaillée de ces faits peut apporter des lumières sur les modalités particulières de la cytolyse dans les divers territoires du mésentéron larvaire. Il apparaît en effet que l'aptitude à accumuler des réserves glucidiques est en relation étroite avec ces modalités.

BIOLOGIE. — *Polydactylie naturelle chez la Grenouille verte* (Rana esculenta). Note (*) de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Depuis que j'ai rencontré la polydactylie chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*), où elle se transmet suivant le mode mendélien ([1]), je l'ai recherchée attentivement chez la Grenouille, et j'ai examiné, à cet effet, plusieurs milliers d'individus appartenant aux espèces *Rana temporaria* (Grenouille rousse) et *Rana esculenta* (Grenouille verte). Cette recherche s'était montrée tout à fait infructueuse lorsque, tout dernièrement, dans un petit lot de *Rana esculenta* provenant de Bretagne ([2]), j'ai eu la surprise de trouver, d'un coup, plusieurs individus présentant l'anomalie en question.

En effet, sur 49 Grenouilles (25 femelles, 24 mâles), *neuf* individus montraient une polydactylie très nette des pattes postérieures (présence d'un sixième orteil). L'anomalie est bilatérale et s'exprime à peu près de la même façon des deux côtés. Elle correspond, comme chez le Crapaud, au dédoublement de l'orteil le plus interne (orteil I).

Les neuf polydactyles comprennent quatre femelles et cinq mâles.

Des quatre femelles, deux possèdent, en outre, *un septième orteil* à chaque pied, orteil intercalé entre l'un des orteils répondant à l'orteil I et l'orteil II. L'une de ces femelles heptadactyles montre, par surcroît, une polydactylie des pattes antérieures, celles-ci ayant cinq doigts au lieu de quatre; le doigt surnuméraire résulte d'un dédoublement du doigt le plus interne de la main (doigt II). L'autre femelle heptadactyle porte cinq doigts à la patte antérieure gauche.

Parmi les trois femelles à six orteils, l'une porte cinq doigts de chaque côté; une autre présente, sur le doigt II de chaque main, une petite excroissance, rudiment d'un doigt surnuméraire; la troisième ne montre aucun signe de polydactylie antérieure.

Quant aux quatre mâles à polydactylie postérieure, l'un possède sept orteils à chaque pied, et en outre, cinq doigts à chaque main; un autre présente une forte excroissance au doigt II de la main droite; les deux derniers ne montrent aucune polydactylie antérieure.

La polydactylie est donc plus forfement exprimée chez *Rana* que chez *Bufo*. puisque, chez celui-ci, elle ne se manifeste que par la bifurcation du premier orteil, et, surtout, n'affecte jamais les pattes antérieures.

Des croisements seront effectués entre Grenouilles polydactyles et Grenouilles normales, mais, d'ores et déjà, l'on ne saurait douter que la polydac-

---

(*) Séance du 16 mai 1949.

([1]) J. Rostand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 778-779.

([2]) Ces animaux, de petite taille, appartenaient à la sous-espèce *esculenta*.

tylie ne constitue, chez la Grenouille comme chez le Crapaud, un caractère héréditaire ([3]). Il est également permis de penser que, chez l'un comme chez l'autre animal, la *polymélie*, ou présence de membres surnuméraires, peut résulter d'une intervention plus précoce du gène de polydactylie ([4]).

On sait que la polymélie est relativement fréquente à l'état de nature chez la Grenouille (observations de J. van Deen, Tuckerman, Superville, Guettard, Bland, Sutton, Tornier, G. de Falvard, etc.). Elle était jusqu'ici attribuée à des processus d'hyperrégénération ([5]), mais il devient hautement vraisemblable qu'elle relève, tout au moins en certains cas, d'un déterminisme génétique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'argininedihydrolase et la créatininase bactériennes.* Note de MM. **Jean Roche**, **Henri Girard** et Mlle **Gabrielle Lacombe**, présentée par M. Maurice Javillier.

Alors que l'arginase est la seule déguanidase présente dans les tissus animaux, certaines bactéries renferment divers enzymes guanidolytiques, en particulier l'argininedihydrolase ([1]), la créatininase ([2]) et la glycocyaminase ([3]). Cette dernière seule est une hydrolase du même type que l'arginase, dont elle diffère par sa spécificité de substrat; il n'en est pas de même de l'argininedihydrolase et de la créatininase. La première libère deux molécules d'ammoniac et une d'anhydride carbonique à partir de l'arginine; elle est particulièrement abondante chez les staphylocoques. La seconde n'a été rencontrée jusqu'ici que chez une bactérie du sol adaptée à la créatine qu'elle dégrade, après transformation en créatinine, en donnant naissance à une molécule d'urée et à une molécule de sarcosine. Nous nous sommes proposé de rechercher si l'action de ces hydrolases est, comme celle de l'arginase et de la glycocyaminase, liée à la présence de certains métaux divalents susceptibles de participer à leur activation ou à leur structure.

([3]) Les neuf sujets polydactyles, récoltés au même endroit et en même temps, devaient provenir d'une même ponte.

([4]) Je rappelle que, dans la descendance d'un mâle polydactyle de *Bufo*, j'ai trouvé, parmi 125 sujets polydactyles, un polymèle présentant, d'un côté, un double pied, et, de l'autre côté, une double jambe et un membre complet surnuméraire (*voir* J. Rostand, *Ibid.*)

([5]) *Voir*, par exemple, Falvard, *Bulletin Biologique de la France et de la Belgique*, 65, 1931, p. 257.

([1]) G. M. Hills, *Biochem J.*, 34, 1940, p. 1057; C. F. Niven, K. L. Smiley et J. M. Sherman, *J. Bacter.*, 43, 1941, p. 651.

([2]) R. Dubos et B. F. Miller, *J. Biol. Chem.*, 121, 1937, p. 429.

([3]) J. Roche, H. Girard, G. Lacombe et M. Mourgue, *Biochim. Biophys. Acta*, 2, 1948, p. 414.

Pseudomonas ovalis isolé du sol ([3]) renferme de l'argininedihydrolase en tant qu'enzyme constitutif. Il ne décompose que très lentement la créatine, mais acquiert la propriété d'hydrolyser activement la créatine et la créatinine après culture et repiquage sur un milieu renfermant la première (PO_4Na_2H : $0^g,6$; ClNa : $0^g,3$; $SO_4(NH_4)_2$: $0^g,3$; créatine : $2^g,0$; eau de source: 1000^{cm^3}). La bactérie renferme alors les deux enzymes adaptatifs dont Dubos et Miller ont observé la formation par d'autres microorganismes du sol dans des conditions analogues, la créatinase transformant la créatine en son anhydride interne, la créatinine, et la créatininase hydrolysant cette dernière ([4]).

L'argininedihydrolase présente dans les cultures bactériennes un pH optimum de 6,4 ($\pm$ 0,2). Elle est fortement activée par Fe^{++}(SO_4Fe M/500), mais non par Mn^{++} et Mg^{++} même additionnés de cystéine. Par contre, l'inhibition par Cu^{++} et Hg^{++} est totale, même à de très faibles concentrations en ces derniers ($HgCl_2$ M/10000). Parmi les corps capables de former des complexes avec les métaux lourds, le cyanure de potassium et l'azide de sodium M/1000 empêchent toute activité enzymatique, mais le diéthydithiocarbamate de sodium est à cet égard sans effet.

L'argininedihydrolase de *Pseudomonas ovalis* dégrade avec des vitesses peu différentes, non seulement la L-arginine et l'acide L-arginique, mais aussi la L-agmatine, sur laquelle l'arginase est pratiquement sans action ([5]).

La créatinine est hydrolysée au pH optimum 6,7 ($\pm$ 0,2) par la bactérie adaptée sur créatine; celle-ci renferme l'argininedihydrolase, mais non la glycocyaminase; elle ne synthétise activement cette dernière que sur milieu à la glycocyamine. La créatine est décomposée en libérant de l'urée molécule à molécule et il se forme en outre, plus lentement, de l'ammoniac; ce dernier a sans doute pour origine la sarcosine, que la bactérie dégrade. L'hydrolyse de la créatinine est favorisée par la présence d'ions Fe^{++}(SO_4Fe M/500) mais non par celle de Mn^{++} ou de Mg^{++}; par ailleurs Cu^{++} est inefficace vis-à-vis d'elle, même à la concentration minima où il arrête toute action glycocyaminasique (SO_4Cu M/1 000). Les cyanures alcalins et l'azide de sodium sont inhibiteurs, ce dernier très fortement à concentration M/1 000. Par contre le diéthyldithiocarbamate de sodium est à cet égard inefficace. Enfin, l'enzyme paraît spécifique de la créatinine, car il est sans action sur la glycocyamidine.

([4]) Les techniques chimiques mises en œuvre pour l'étude de ces enzymes sont : le dosage de l'arginine par la méthode colorimétrique basée sur la réaction de Sakaguchi (technique de Dumazert et Poggi), le dosage de la créatine après transformation en créatinine et le dosage direct de celle-ci basé sur la réaction de Jaffé (technique de Follin-Bénédict), le dosage chromométrique de l'urée précipitée à l'état de dixanthylurée (méthode de Thivolle et Sonntag) et le dosage acidimétrique de l'ammoniac (distillation en présence de carbonate de lithium).

([5]) MM. Richards et L. Hellermann, *J. Biol. Chem.*, 134, 1940, p. 237; J. Roche et M. Mourgue, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 29, 1947, p. 889.

La formation de la créatinine aux dépens de la créatine est la première étape de la dégradation de celle-ci par *Pseudomonas ovalis*. Elle est catalysée par la créatinase, enzyme dont l'action est indépendante de celle de la créatininase, comme l'ont montré les recherches de Dubos et Miller et celles dont nous publierons prochainement les résultats avec M. K. Oliver. Aucun enzyme connu n'hydrolyse directement la créatine.

Conclusions. — La dégradation de diverses guanidines monosubstituées par *Pseudomonas ovalis* est opérée par des déguanidases spécifiques de types divers. L'argininedihydrolase, enzyme constitutif, la créatininase, la glycocyaminase, enzymes adaptatifs, ne présentent pas la même sensibilité à des effecteurs métalliques et à des formateurs de complexes, entre autres à l'azide de sodium ([6]). Les faits exposés dans cette Note justifient l'hypothèse de travail permettant de les considérer comme des enzymes à métal dissociable, selon la définition de ceux-ci donnée par Warburg et Sakuma.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'haliotivioline, pigment principal des coquilles d'*Haliotis cracherodii. Note de MM. **René Tixier** et **Edgar Lederer**, présentée par M. Maurice Javillier.

Dans une Note récente ([1]) A. Comfort considère le pigment principal bleu des coquilles d'*Haliotis cracherodii* comme un dérivé de l'indigotine. Cet auteur reprend ainsi les conclusions de F. N. Schulz et M. Becker ([2]), réfutées en leur temps par R. Lemberg ([3]), qui montrait la parenté des pigments d'*H. californiensis* avec les bilirubinoïdes. Les arguments invoqués par Comfort sont, d'une part, l'analogie constatée entre les spectres d'absorption dans le visible du produit d'oxydation du pigment principal d'*H. cracherodii* et de l'uroroséine et, d'autre part, la similitude entre les spectres dans l'ultraviolet du pigment bleu d'*Haliotis* et de l'indigotine. Personnellement nous avons fait un exposé sur le pigment principal (haliotivioline) des coquilles d'*H. cracherodii* à la séance du 23 juillet 1948 du XIII[e] Congrès International de Zoologie (Paris). Les techniques d'extraction et de purification du pigment sont identiques à celles déjà utilisées pour la *turboglaucobiline* ([4]).

([6]) Le fait que la dégradation de certains substrats est spécifiquement activée ou inhibée par divers effecteurs montre que les réactions étudiées sont bien catalysées par des enzymes présents dans les bactéries et ne sont pas une simple manifestation de croissance de celles-ci. Dans ce dernier cas, une action uniforme sur toutes ces réactions se serait manifestée.

([1]) *Nature*, 163, 1949, p. 647.
([2]) *Biochem. Zeitschr.*, 236, 1931, p. 99.
([3]) *Zeitschr. f. Physiol. Chemie*, 200, 1931, p. 173.
([4]) R. Tixier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 508-510.

5 coquilles (environ 300g) sont traitées par 4l d'alcool méthylique chlorhydrique à 12 % qui dissout et estérifie les pigments. La solution acide bleu vert, après concentration sous vide à 500cm³, est additionnée d'un égal volume de chloroforme, puis d'eau distillée jusqu'à apparition d'un trouble blanchâtre. Au cours de la neutralisation à l'aide de bicarbonate de sodium, le chloroforme se sépare et se rassemble en une couche violette, la partie aqueuse ne présentant plus qu'une teinte vert pâle. Après lavage au carbonate de sodium à 5 %, la solution chloroformique est distillée sous vide, puis le résidu est repris par 50cm³ de chloroforme. La solution obtenue est filtrée sur une colonne d'alumine désactivée (90g), qui fixe tous les pigments dans sa partie supérieure. Le chromatogramme est développé à l'aide de chloroforme contenant 1 % de méthanol. Une zone principale violette descend le long de la colonne d'alumine, précédée d'une étroite bande verte et suivie d'une zone rouge orange faible. Le haut de la colonne reste coloré en bleu. Le pigment violet est recueilli lorsque la zone correspondante atteint le bas de la colonne et que la solution colorée filtre.

Le pigment est ensuite précipité de cette solution, concentrée à 5cm³ et additionnée de deux volumes d'éther anhydre, par passage de gaz chlorhydrique sec. Le chlorhydrate du pigment est recueilli, lavé à l'éther, puis dissous dans du chloroforme. Après une dernière purification par chromatographie sur alumine, le pigment est précipité de la solution chloroformique, concentrée à quelques centimètres cubes, par de l'éther de pétrole. Le précipité formé est essoré puis séché. Nous avons ainsi séparé environ 14mg de pigment, qui présente une réelle garantie de pureté malgré son état amorphe.

L'*haliotivioline*, isolée sous forme d'ester méthylique, est très soluble dans l'alcool méthylique et le chloroforme, peu soluble dans l'éther, insoluble dans l'éther de pétrole. Ces solubilités sont comparables à celles des esters méthyliques des pigments biliaires. Le poids moléculaire, déterminé selon le procédé de K. Rast, est compris entre 720 et 800. L'analyse élémentaire, effectuée sur deux préparations différentes, a fourni les résultats suivants : C % 60,96 et 60,54; H % 6,4 et 6,1 ; N % 7,35; O CH_3 11,87. Ces chiffres s'accordent avec les formules : $C_{38}H_{48}O_{12}N_4$ (calculé : C % 60,61, H % 6,43, N % 7,44, PM 752) et $C_{39}H_{48}O_{12}N_4$ (calculé : C % 61,23, H % 6,33, N % 7,32, PM 764). Nous pensons que le dosage des groupes méthoxyles, effectué sur 2mg de piment est trop faible, il indique cependant que le pigment possède au moins trois groupements carboxyle (calculé pour trois OCH_3 : 12,36 et 12,17 %).

Les formules trouvées sont voisines de celles de l'ester méthylique d'une copromésobilivioline : $C_{39}H_{48}O_{10}N_4$; elles s'en distinguent cependant par la présence de 12 atomes d'oxygène au lieu de 10 pour une copromésobilivioline. Elles sont également voisines de celles envisagées pour la *turboglaucobiline* [4] : $C_{37}H_{46}O_{12}N_4$, $C_{38}H_{46}O_{12}N_4$ et $C_{39}H_{46}O_{12}N_4$. Ces deux pigments qui possèdent 12 atomes d'oxygène, semblent ainsi appartenir à une même série de bilirubinoïdes. Ces pigments sont partiellement enlevés à leurs solutions chloroformiques par une solution aqueuse acide, phénomène qui ne se produit pas avec les biochromes de la série bilirubinique. Cependant alors que la *turboglaucobiline* possède toutes les propriétés des pigments biliaires, ayant une structure bili-triène (couleurs et spectres des solutions, test de Gmelin et réaction iodo-

zincique), l'*haliotivioline* se distingue nettement des autres bilirubinoïdes connus; en particulier, sa solution chloroformique, additionnée d'acide nitrique nitreux, vire au rouge et ne donne pas les phases ultérieures orange ou jaune de la réaction de Gmelin; en outre son sel de zinc ne présente aucune fluorescence. Ses solutions neutres violettes présentent un maximum à λ 550 mμ, ses solutions acides bleues à λ 625 mμ, son sel de zinc bleu à λ 603 mμ. Ainsi, par les couleurs de ses solutions, l'*haliotivioline* s'apparente aux bilirubinoïdes ayant une structure bili-diène; elle s'en distingue par ses spectres et par la non-fluorescence de son sel de zinc.

En résumé, sans nier l'intérêt que présentent les arguments spectroscopiques de Comfort ([1]) et les quelques différences de comportement de l'*haliotivioline* par rapport aux autres pigments biliaires, les résultats mentionnés nous paraissent nettement en faveur d'une constitution tétrapyrrolique. En particulier les résultats analytiques ne semblent pas pouvoir s'accorder avec une structure indigotique.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Au nom de la Commission chargée de dresser la liste des candidats à la place d'Académicien libre, vacante par le décès de M. *Gustave Roussy*, M. le **Président** présente la liste suivante :

En première ligne..........	M. **Paul Lévy**
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*....	MM. **Georges Deflandre** **Pierre Girard** **Antoine Lacassagne** **Jean-Jacques Trillat**

A cette liste, l'Académie ajoute les noms de MM. **Edmond Bauer** et **Raymond Jouaust**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17h20m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 22 mars 1948.)

Note présentée le 15 mars 1948, de M. *Nicolas Baganas*, Sur un problème de M. P. Montel et les intégrales pseudo-abéliennes :

Page 990, 22e ligne, *après les mots* linéaires et homogènes, *ajouter* à coefficients entiers.

(*Comptes rendus* du 4 avril 1949.)

Note présentée le même jour, de MM. *Georges Claude* et *André-Georges Claude*, Sur la possibilité de créer de grandes sources thermo-artésiennes :

Page 1209, note de bas de page, au lieu de *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1827-1826, lire *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 544-545.

Note présentée le même jour, de M. *Donatien Cot*, Sur une particularité des courants de la Manche :

Page 1176, 2e ligne, *au lieu de* P, *lire* d'observation.

(*Comptes rendus* du 2 mai 1949.)

Note présentée le même jour, de MM. *E. Charron* et *N. Ségard*, Interférence des rayons diffractés par les bords d'une lampe de Lummer-Gehrcke :

Page 1411, 2e ligne, *au lieu de* N. JÉGAND, *lire* N. SÉGARD.

(*Comptes rendus du* 9 mai 1949.)

Note présentée le 20 avril 1949, de M. *Pierre Duquénois* et Mlle *Élisabeth Schaerer*, Les éléments métalliques de la feuille de *Digitalis purpurea* L. des Vosges hercyniennes :

Page 1514, 3e ligne du titre, *au lieu de* Élisabeth SCHRAER, *lire* Élisabeth SCHAERER.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MAI 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ion Cârstoiu**, Professeur à l'Université *Johns Hopkins*, à Baltimore, **Abe Gelbart**, Professeur à l'Université de Syracuse, États-Unis, **C. A. Truesdell**, Professeur à l'Université de Maryland, Conseiller du Service des recherches du Ministère de la Marine des États-Unis, **Adrien Pouliot**, Doyen de la Faculté des Sciences de Québec, qui assistent à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 8 juin au lieu du lundi 6.

ÉLECTRONIQUE. — *Cibles à transparence électronique.* Note (*) de M. **René Barthélemy.**

Poursuivant l'étude des cibles minces légèrement conductrices, dont j'ai donné par deux Notes de janvier 1948, les résultats, dans le cas de cibles en verre voisines d'une grille, il est apparu que les dimensions de la trame et la distance grille-verre ne pouvaient guère être diminuées et limitaient ainsi la qualité des images transmises, une conclusion s'imposa naturellement, car le rapprochement indéfini de la grille de la cible en verre, et l'augmentation du nombre de ses mailles, conduisent, à la limite, au dépôt d'une couche métallique mince et continue, sur une des faces de la cible.

Cette conception rejoignait ainsi partiellement des idées déjà exprimées par G. Pelletier, par le Professeur F. Schröter, sur l'utilisation d'un feuillet métallique (fenêtre de Lenars) dans les analyseurs de télévision, avec cette différence, qu'en plus de la pellicule mince conductrice, l'image électronique

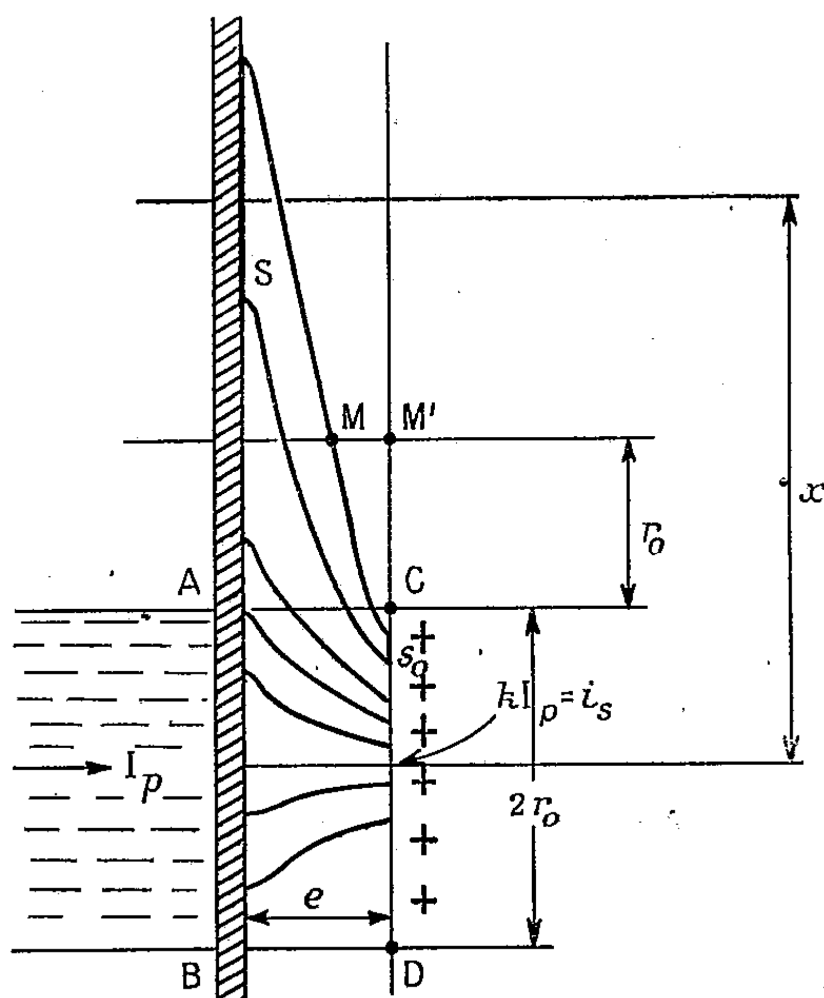
---

(*) Séance du 16 mai 1949.

projetée doit traverser une couche isolante d'une certaine épaisseur, dont l'autre face est explorée par le faisceau à électrons lents.

La présente Note constitue la suite de l'étude présentée par les deux précitées, concernant le calcul de l'étalement du flux électronique dans le verre, afin de régler la question de la définition avant de passer à l'examen de l'ensemble de l'analyseur.

La cible mixte comporte, (*fig.* 1), la couche métallique adjacente à un diélec-



trique légèrement conducteur de 3 à 4 μ d'épaisseur. On envoie un faisceau I_p à grande vitesse (20 à 25 000 volts) provenant de la photocathode qui traverse le métal et la couche isolante. Il libère, à la sortie, des électrons secondaires i_s qui sont collectés par une anode de potentiel légèrement plus élevé.

On suppose pour simplifier que l'impact a la dimension d'un point image. Tout se passe comme si un courant positif kI_p (k coefficient d'émission secondaire) entrait dans le verre en CD. Il se dirige vers l'électrode métallique. La constante de temps du diélectrique étant supérieure à quelques centièmes de seconde, malgré l'abaissement de la résistivité dû à l'impact à grande vitesse, le potentiel monte en CD, entre deux analyses, à une valeur de l'ordre du volt. L'approximation indiquée dans la première Note de janvier 1948, montre que l'intensité est presque totalement contenue dans le cylindre ABCD de rayon r_0 (r_0, rayon du point image), mais elle ne fait pas connaître la distribution du potentiel le long de la paroi libre de l'isolant, que parcourt le faisceau analyseur, dans le cas où l'autre paroi est conductrice.

Un essai à la cuve permettrait de se rendre compte de la distribution des

lignes de courant et de déterminer expérimentalement la valeur des tensions au voisinage du point d'impact, mais l'extrême raréfaction des filets à une certaine distance de la section principale rendrait l'interprétation incertaine.

Nous nous en sommes tenu à un calcul basé sur quelques hypothèses simples comme celle de la densité de courant uniforme dans la section de départ CD, et celle de la progression d'un flux de courant, partant d'une section S_0, de CD, et aboutissant à une section S de la couche conductrice, à l'intérieur d'un volume assimilé à un tronc de cône.

Le potentiel cherché, du point M' distant de $2r_0$ du centre du point image CD est la limite vers laquelle tend le potentiel du point M, de la surface du cône s'appuyant sur S_0 et S, quand la distance x de la section S, à la région CD, croît indéfiniment. Nous avons trouvé, avec l'épaisseur e, de 4 μ (10 fois plus petite que le diamètre du point image), que la tension du point M' par rapport à la couche conductrice était très faible à côté de celle communément admise en télévision pour la création d'un bon contraste noir-blanc. On constate ainsi qu'on n'est pas limité, avec ce dispositif, dans la définition de l'ordre de 1000 lignes, par la diffusion des charges dans l'isolant.

Ces travaux représentent une partie de l'étude du nouvel analyseur; une Note ultérieure abordera d'autres aspects, et précisera une intéressante constatation, effectuée sur la traversée par des électrons rapides, des couches isolantes, dont la résistivité devient alors variable.

BIOLOGIE. — *Sur les rapports théoriques entre écarts et mutations.* Note de M. François Grandjean.

Je n'envisage ici que la variation discontinue la plus simple d'un caractère et je désigne cette variation par *AB*. *A* et *B* sont les deux modalités possibles, et les seules possibles, du caractère. Elles sont reconnaissables sans ambiguïté. On observe l'une et l'autre dans une génération appartenant à une lignée pure. Un individu quelconque, dans cette lignée, montre l'une ou l'autre [1].

Quand la variation *AB* se fait par écarts l'état de nos connaissances [2], bien qu'encore très médiocre, nous autorise à penser que les probabilités p et $(1-p)$ de *A* et *B*, dans la lignée, sont des grandeurs principalement héréditaires. Les fréquences relatives de *A* et *B* se maintiennent dans les générations successives. Une génération dont les parents étaient porteurs de *A* ne se distingue pas en moyenne d'une génération dont les parents étaient porteurs de *B*.

---

(1) L'une des modalités peut être la présence d'un organe et l'autre l'absence du même organe.

(2) Je signale, en particulier, les résultats obtenus récemment par un élevage de *Platynothrus peltifer* (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 658 et 879).

Le sens commun ne permettrait pas, lorsque l'une des modalités est rare et l'autre commune, de qualifier d'écart la seconde. Nous sommes obligés, par conséquent, de dire en général qu'un écart est l'existence de l'une des modalités alors que l'autre est la plus fréquente. La probabilité p' de l'écart est égale à $(1-p)$ si B est plus rare que A et à p dans le cas contraire. La valeur de p' ne peut donc dépasser 0,5. Selon la nature des écarts, selon les espèces qui les présentent, etc., on trouve en effet pour p' toutes les valeurs possibles, depuis les plus faibles jusqu'à 0,5. Il y a vraisemblablement des écarts qui sont aussi rares que des mutations, mais d'autres sont communs et certains sont si communs que l'on a une chance sur deux de les voir chez un individu quelconque.

Si la variation AB s'est faite par mutation, appelons B la modalité nouvelle. La probabilité ε qu'a B d'apparaître est comparable à la probabilité p' d'un écart, sauf que ε est toujours très petit; mais les générations issues des porteurs de B se distinguent profondément de celles issues des porteurs de A. Étant héréditaire la mutation a une *séquence*, tandis que l'écart n'en avait pas. Il faut distinguer cette séquence, naturellement, d'avec la mutation elle-même. Pendant que la séquence se déroule la mutation n'existe plus. Si cette dernière se reproduit de nouvelles séquences en résultent.

Le sujet qui nous occupe n'est pas d'étudier les séquences. Il est donc légitime de réduire celles-ci à leur cas le plus simple, celui de la reproduction parthénogénétique (lorsque celle-ci est thélytoque indéfinie), car tous les conflits et partages entre gènes sont alors supprimés et l'hérédité se manifeste somatiquement sur tous les individus.

Ceci posé je corrige une opinion que j'ai exprimée autrefois à plusieurs reprises. J'ai admis que l'on passerait des écarts aux mutations si l'on donnait à p, soit brusquement, soit par un changement continu, les valeurs 1 ou 0. Il aurait fallu simplement dire que les écarts étaient des étapes phylogénétiques entre la constance de l'une des modalités et la constance de l'autre et ne pas croire, comme j'ai eu le tort de le faire implicitement, que la certitude d'existence, pour une des modalités, exigeait qu'elle provînt de l'autre par mutation.

Il est au contraire impossible, par des changements hypothétiques dans les valeurs de p, $(1-p)$ ou p', de passer des écarts aux mutations.

Au point de vue génétique, un écart peut ressembler à une mutation si p' est très petit, mais cela n'a lieu que dans une génération. Dès la suivante la différence est énorme entre écarts et mutations puisque, chez les descendants d'individus porteurs de l'éventualité la plus rare, la fréquence de cette éventualité garde la très petite valeur p' dans le premier cas, tandis qu'elle prend tout de suite la valeur 1 dans le second. Cette différence est d'autant plus grande que p' est plus petit. On ne peut supposer que p' soit nul sans supprimer l'écart.

L'observation de la symétrie, quand celle-ci est bilatérale, fait voir sous le

même jour la différence dont nous parlons. Les écarts sont asymétriques, c'est-à-dire indifférents à la symétrie. Si p' est le même à droite et à gauche et si l'indifférence à la symétrie est totale, la probabilité de symétrie est $[p'^2+(1-p')^2]$ et celle de dissymétrie est $2p'(1-p')$. Il est bien vrai qu'en faisant tendre p' vers zéro on augmente la proportion d'individus symétriques, mais cela ne fait pas ressembler l'écart à une mutation, car ces individus symétriques, en presque totalité, sont des porteurs de l'éventualité la plus commune. Appelons A cette éventualité. Pour l'autre, B, la probabilité de symétrie est seulement p'^2, celle de dissymétrie restant égale, naturellement, à $2p'(1-p')$, et cette dernière quantité est bien plus grande que p'^2 si p' est très petit. Toutes les fois, ou presque, que l'on verra B, il n'existera qu'à droite ou qu'à gauche. Ce qui caractérise une mutation, au contraire, c'est que B est d'emblée symétrique, dès qu'il apparaît, quoique très rare. Si l'on suppose que p' atteigne la valeur 0 la dissymétrie est supprimée, mais l'écart également.

De ce qui précède faut-il conclure que les écarts et les mutations sont des phénomènes étrangers l'un à l'autre? Certainement non, puisque des cas de parallélisme entre les mutations et les somations ont été signalés fréquemment. Que ces cas se rapportent ou non à ce que j'appelle des écarts, ils nous obligent à supposer que les deux phénomènes peuvent avoir en commun la discontinuité elle-même.

Si l'on adopte cette hypothèse, il est naturel d'imaginer l'explication suivante : a et b étant les gènes facteurs de A et de B, le changement de a en b serait susceptible d'avoir lieu, non seulement dans une cellule de la lignée germinale, mais aussi dans certaines cellules du soma d'un individu quelconque, à telle époque de l'ontogenèse ou pendant toute l'ontogenèse. Lorsque le changement est somatique, il provoque la formation de B sur certains individus, tandis que d'autres individus gardent A. Cela se répète aux générations suivantes, puisque le germen n'est pas touché directement. Nous avons des écarts. Le même changement, lorsqu'il se fait dans une cellule de la lignée germinale, ne permet plus à A de subsister aux générations suivantes, et nous avons une mutation.

Cette explication a aussi le mérite de faire comprendre pourquoi les mutations sont symétriques et les écarts asymétriques. Le changement de a en b, dans une cellule germinale, affectera aussi bien la droite que la gauche d'un individu qui en subira les effets. Le même changement dans une cellule du soma, au cours de l'ontogenèse, à moins peut-être qu'il ne soit extrêmement précoce, n'a au contraire aucun motif d'agir sur la cellule symétrique chez le même individu. Bien entendu, il est capable d'avoir lieu dans cette autre cellule, mais d'une manière indépendante, avec la même probabilité. En gros, nous pouvons dire : l'hérédité est liée à la symétrie, et l'absence d'hérédité permet la dissymétrie.

Ce n'est pas une explication nouvelle. On en a donné de semblables pour

les mosaïques, et le changement de a en b, s'il se fait dans une cellule du soma, est généralement appelé une *mutation somatique*. Je n'emploie pas cette expression parce qu'elle me semble mauvaise. Le mot *mutation* y est seulement synonyme de changement discontinu. Il n'implique pas l'hérédité, puisque les mutations somatiques ne sont pas héréditaires. Ne vaudrait-il pas mieux lui garder toujours son sens habituel, consacré par l'usage, qui est d'être un changement héréditaire ?

En élevant jusqu'à 1 la probabilité de se transmettre on passe de l'aléatoire au constant; on ne passe pas d'un écart à une mutation. Mais remarquons que l'on provoque nécessairement dans le germen un changement considérable qui est peut-être le même que s'il y avait eu mutation. A tel niveau de l'ontogenèse la valeur de $(1-p)$ croît par exemple, au cours du temps phylogénétique, jusqu'à être égale à 1. B devient de plus en plus commun, puis l'emporte sur A par sa fréquence, et finalement devient constant, A ayant disparu. Lorsque B est constant, il faut bien qu'il soit inscrit dans le patrimoine héréditaire, dans les gamètes, et comme il ne l'était pas autrefois, nous devons admettre qu'il s'est inscrit.

Deux voies paraissent donc exister, entièrement distinctes, pour qu'une modalité nouvelle, B, s'inscrive dans le patrimoine héréditaire; une progressive, révélée extérieurement par des écarts, et une brusquée, révélée extérieurement par des mutations. Dans la première, c'est la race tout entière, ou l'espèce, qui est touchée, d'une manière d'abord incomplète, très inégale selon les individus, puis complète, par le changement. Il faut supposer que p, c'est-à-dire $(1-p)$, ou p', varie. Dans la deuxième, un individu seulement, de loin en loin, est touché, mais il l'est d'une manière totale et il court sa chance, par sa progéniture, de faire triompher B sur A. Cette chance est petite. Toutefois elle se renouvelle. Il n'est pas nécessaire de supposer que ε varie. Il suffit d'admettre que la mutation inverse a une probabilité inférieure à ε et que porter B au lieu de A n'a pas pour conséquence une diminution de la fécondité ou une augmentation de la mortalité moyenne. A ces conditions, les deux voies peuvent conduire au même résultat.

IMMUNOLOGIE. — *Sur quelques nouvelles substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité*. Note (*) de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou** et **Jean-Pierre Thiéry**.

Depuis la mise en évidence du principe des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité [1], le nombre de ces substances capables d'augmenter

(*) Séance du 23 mai 1949.

[1] G. Ramon, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 157; *Bull. Soc. Cent. Méd. Vét.*, 101, 1925, p. 227 et 348.

l'immunité due à un antigène spécifique tel que l'anatoxine diphtérique ou tétanique, s'est sans cesse accru ([2]).

Poursuivant en ce domaine nos recherches pour ainsi dire ininterrompues au cours de ces vingt-cinq dernières années, nous avons effectué ces temps-ci plusieurs séries d'expériences. Nous relaterons ici, à titre d'exemple, l'une d'entre elles, les autres seront exposées, en détail, ailleurs.

Technique. — 25 lapins, répartis en 5 séries de chacune 5 lapins, reçoivent à 14 jours d'intervalle, 2 injections sous-cutanées de 1/20 de centimètre cube pour la première et de 1/10 de centimètre cube pour la deuxième, d'une anatoxine tétanique purifiée, au moyen de l'acide trichloracétique, titrant 1200 unités antigènes au centimètre cube, seule ou additionnée de diverses substances selon le protocole suivant :

Première série. — Anatoxine tétanique seule :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ d'eau physiologique.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ d'eau physiologique.

Deuxième série. — Anatoxine tétanique + pectine (extraite de l'amidon) :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de pectine.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de pectine.

Troisième série. — Anatoxine tétanique + glycérine tamponnée :

Première injection : 1/20 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de glycérine-tampon.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de glycérine-tampon.

La glycérine est additionnée d'une solution tampon de phosphate dans la proportion de 70^{cm^3} de glycérine pour 30^{cm^3} de solution tampon.

Quatrième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. abortus :

Première injection : 1/20 de centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en eau physiologique.

La suspension de *B. abortus* employée ici est préparée à partir d'une culture de 24 heures de *B. abortus* sur gélose (3^{cm^3} d'*eau physiologique* par tube de gélose), additionnée de 0,75 ‰ de formol et laissée à l'étuve à 37° pendant plusieurs jours.

Cinquième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. abortus *en glycérine-tamponnée.*

La suspension de *B. abortus* pour la série précédente est centrifugée et le culot additionné de glycérine tamponnée de telle sorte que $1^{cm^3},5$ de glycérine tamponnée renferme la même quantité de germes que $1^{cm^3},5$ de la suspension en eau physiologique.

Première injection : 1/20 centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en glycérine tamponnée.

Deuxième injection : 1/10 de centimètre cube, d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de *B. abortus* en glycérine-tamponnée.

Les réactions sont en général à peine visibles ou peu marquées, sauf chez les lapins de la quatrième et de la cinquième série qui présentent aux points d'in-

([2]) Pour notre part, nous en avons fait connaître à diverses reprises (*voir* G. Ramon et ses associés, *Revue d'Immunologie*, 3, 1937, p. 285, 504, etc. *Voir* aussi R. Richou, *La Presse Médicale*, 56, 1948, p. 520).

jection du mélange d'anatoxine et de la suspension de *B. abortus*, des nodules de grosseur variable, qui vont du volume d'un pois à celui d'une cerise, et qui se résorbent lentement.

Deux prises de sang sont effectuées chez tous les lapins, 14 jours après la première injection et 13 jours après la deuxième. Après chaque saignée, les sérums de chacune des séries de lapins sont réunis et le dosage de l'antitoxine spécifique est pratiqué à partir de chaque mélange, selon la technique courante.

Les résultats de ces dosages sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Antigène injecté.	Antitoxine tétanique (en unités internationales). Après la 1re injection.	Après la 2e injection.
I. Anatoxine tétanique seule	1/300	1/2
II. » » + pectine	1/10	10
III. » » + glycérine tamponnée	1/3	7
IV. » » + suspension de *B. abortus* (formolée) en eau physiologique	3	20
V. Anatoxine tétanique + suspension de *B. abortus* (formolée) en glycérine tamponnée	3	25

De ces résultats, il ressort que par rapport à l'anatoxine seule, les mélanges d'anatoxine tétanique et de substances adjuvantes provoquent une augmentation plus ou moins importante, parfois considérable, de l'immunité antitétanique appréciée par la teneur en antitoxine spécifique du sérum des lapins traités de cette façon. C'est ainsi qu'après la première injection, le taux de l'antitoxine tétanique est, pour le mélange d'anatoxine et de pectine, 30 fois plus élevé que pour l'anatoxine seule, 100 fois plus élevé pour le mélange d'anatoxine et de glycérine (3), 900 fois plus fort pour les mélanges d'anatoxine et de suspension formolée de *B. abortus* (4). A la suite de la deuxième injection, il y a une certaine tendance au nivellement des taux d'antitoxine, toutefois ceux correspondant aux mélanges d'anatoxine et de substances adjuvantes restent très nettement supérieurs à celui résultant de l'injection d'anatoxine seule.

Ces constatations expérimentales peuvent être mises directement à profit dans la pratique, notamment selon la formule des *vaccinations associées*, pour l'immunisation des animaux contre le tétanos et l'avortement épizootique (5).

(3) Récemment H. S. Viana Conte et ses associés (*Rep. de Trab. do Labo. Cent. de Pato. Vet.*, 6, 1947, p. 59) ont observé que la glycérine et le tapioca, ajoutés à l'anatoxine tétanique, ont une valeur stimulante identique.

(4) Sans attacher une valeur exagérée à pareille constatation, nous signalerons que le taux des agglutinines, chez les animaux qui ont reçu en mélange avec l'anatoxine, des suspensions formolées de *B. abortus*, est relativement élevé.

(5) Nos constatations confirment largement, sur le plan expérimental et doctrinal, celles enregistrées jadis. (*Voir* en particulier G. Ramon et M. Djourichitch, *Ann. Inst. Pasteur*, 51, 1933, p. 407.)

De plus, étant donné l'analogie qui existe entre les anavirus et les anatoxines, nos constatations pourront sans doute conduire à la réalisation de « vaccins combinés » dirigés à la fois contre des maladies à ultra-virus telles que la fièvre aphteuse et contre d'autres infections animales, par exemple celles dues au *B. abortus*.

Nous poursuivons nos recherches dans ces différentes voies.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Ouvrage *Éléments de la Théorie des Ensembles*, que je viens de publier dans la *Bibliothèque d'Éducation par la Science*, à laquelle j'ai déjà donné plusieurs volumes.

Créée seulement à la fin du XIXe siècle, la Théorie des Ensembles s'est rapidement développée dans de nombreuses directions. Ses éléments font désormais partie de la culture générale, au même titre que les éléments de l'Algèbre, de la Géométrie, du Calcul différentiel. C'est par l'étude approfondie d'êtres mathématiques simples et bien définis que l'on arrive le plus sûrement, dans chacune de ces branches de la Science, à comprendre les théories générales.

J'ai exposé, à la fin de l'Ouvrage, à propos de la classification des ensembles de mesure nulle au moyen de la raréfaction, des résultats nouveaux que j'avais communiqués en 1948 à l'Académie.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Académicien libre en remplacement de M. *Gustave Roussy*, décédé.

Le nombre des votants étant 70, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages		
	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. Paul Lévy	25	29	34
M. Antoine Lacassagne	18	28	30
M. Jean-Jacques Trillat	14	9	4
M. Georges Deflandre	11	4	2
M. Pierre Girard	1		
M. Raymond Jouaust	1		

Aucun candidat n'ayant obtenu la majorité absolue, il est procédé, conformément au règlement, entre les deux candidats qui n'en ont point deux autres supérieurs en suffrages, MM. Paul Lévy et Antoine Lacassagne, aux deux scru-

tins de ballotage, qui donnent les résultats suivants, le nombre des votants étant successivement de 70 puis de 68 :

	Nombre de suffrages	
	1er tour.	2e tour.
M. Paul Lévy	35	33
M. Antoine Lacassagne	34	31
Bulletins blancs	1	4

La majorité absolue n'étant pas atteinte, le règlement exige le renvoi de l'élection; celle-ci est renvoyée à six mois.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée du **XXIIe Congrès international de Chimie industrielle**, qui se tiendra à Barcelone, du 23 au 30 octobre 1949.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Kitty Ponse. *La différenciation du sexe et l'intersexualité chez les vertébrés. Facteurs héréditaires et hormones.*

2° *Von der Bauakademie zur technischen Universität.* 150 *Jahre technisches Unterrichtswesen in Berlin.* Dargestellt von Prof. Dr Josef Becker.

3° *Seventh pacific science Congress. First Report,* in *New Zealand Science Review.*

4° Museo argentino de ciencias naturales « Bernardino Rivadavia » : *Comunicaciones,* Serie ciencias zoologicas, n° 1. — Serie ciencias geologicas, n° 1. — *Miscelanea,* n° 1. — *Revista,* n° 1. — *Publicaciones de extension cultural y didactica,* n° 1.

5° Instituto nacional de investigacion de las ciencias naturales del Museo argentino de ciencias naturales « Bernardino Rivadavia » : *Biblioteca Argentina de Ciencias Naturales,* n° 1.

THÉORIE DES RELATIONS. — *Sur une classification des systèmes de relations faisant intervenir les ordinaux transfinis.* Note (*) de M. **Roland Fraïssé**, présentée par M. Gaston Julia.

I. Nous entendons ici par *relation à n arguments définie sur un ensemble* E appelé *base*, une application du produit de *n* ensembles identiques à E dans

(*) Séance du 16 mai 1949.

un ensemble de deux éléments (¹). Soit une suite d'entiers $S = n_1, n_2, \ldots, n_k$; $l(n_i > 0, l \geq 0)$. Considérons une suite de k relations A_i à n_i arguments définies sur E, et une suite de l éléments a_j de E. Le système constitué par ces deux suites sera appelé *polyrelation $\mathcal{A}$ définie sur la base* E; la suite S sera dite *signature* de $\mathcal{A}$. On écrira $\mathcal{A} = [A_1, \ldots, A_k; a_1, \ldots, a_l]$. S peut se réduire à l; si de plus $l = 0$ nous admettrons que $\mathcal{A}$ se réduit à la base E. Nous dirons que deux polyrelations $\mathcal{A}$, $\mathcal{A}'$ définies sur les bases E, E' sont de même type (²) si elles ont même signature et s'il existe une correspondance biunivoque entre E et E' qui transforme A_i en A'_i et a_j en a'_j quels que soient i et j. Si l'on restreint chaque relation A_i à une partie F de E contenant tous les a_j, la polyrelation $\mathcal{B}$ obtenue sera dite une *restriction* de $\mathcal{A}$; $\mathcal{A}$ sera dite un *prolongement* de $\mathcal{B}$. Nous dirons que $\mathcal{A}'$ est *inférieure* (²) à $\mathcal{A}$ si $\mathcal{A}'$ est de même type qu'une restriction de $\mathcal{A}$. En ce cas nous dirons aussi que $\mathcal{A}$ est *supérieure* à $\mathcal{A}'$. L'inégalité ainsi définie constitue un pré-ordre (³) dans l'ensemble des polyrelations de même signature. Étant données deux polyrelations de même base

$$\mathcal{A} = [A_1, \ldots, A_k; a_1, \ldots, a_l] \quad \text{et} \quad \mathcal{B} = [B_1, \ldots, B_m; b_1, \ldots, b_n],$$

nous désignerons par $(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ la polyrelation

$$[A_1, \ldots, A_k, B_1, \ldots, B_m; a_1, \ldots, a_l, b_1, \ldots, b_n].$$

II. Considérons deux polyrelations $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ de même signature et de bases respectives E, E'. Elles seront dites o-*parentes* s'il existe une polyrelation supérieure à elles deux. Si α *est un ordinal de première espèce*, $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ seront dites α-*parentes* si, à toute polyrelation $\mathcal{B}$ de base E correspond une polyrelation $\mathcal{B}'$ de base E' telle que $(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ soit $(\alpha - 1)$-parente de $(\mathcal{A}', \mathcal{B}')$ et s'il en est de même en échangeant les rôles de $\mathcal{A}$, E et de $\mathcal{A}'$, E'. Si α *est un ordinal de deuxième espèce*, $\mathcal{A}$ et $\mathcal{A}'$ seront dites α-parentes si elles sont β-parentes pour tout ordinal $\beta < \alpha$. On remarque que si deux polyrelations sont α-parentes, elles sont encore β-parentes pour tout $\beta < \alpha$, et que l'α-parenté est une *équivalence* définie sur tout ensemble de types de polyrelations de même signature.

III. On démontre les propositions suivantes :

1. Pour que deux polyrelations $\mathcal{A} = [A_1, \ldots, A_k; a_1, \ldots, a_l]$ et $\mathcal{A}' = [A'_1, \ldots, A'_k; a'_1, \ldots, a'_l]$ soient o-parentes, il faut et suffit qu'elles aient même signature et que, de plus, dans le cas où $l \neq 0$, les restrictions de $\mathcal{A}$ à $\{a_j\}$ et de $\mathcal{A}'$ à $\{a'_j\}$ soient de même type.

2. Pour que deux polyrelations soient 1-parentes, il faut et suffit qu'à toute restriction de *base finie* de chacune d'elles corresponde une restriction, de même type, de l'autre.

(¹) Cette définition est un peu différente de celle que nous avons adoptée dans une Note précédente (*cf.* R. Fraïssé, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 987).

(²) Nous avons déjà introduit des définitions analogues dans le cas d'une seule relation à deux arguments (cf. *loc. cit.*, 1).

(³) *Cf.* Nachbin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 774.

3. Pour que les deux polyrelations soient α-parentes *pour tout ordinal* α, il faut et suffit qu'elles soient de même type.

4. Quel que soit α, il existe des α-parentes non $(\alpha+1)$-parentes.

5. Une polyrelation $\mathcal{A}$ étant donnée, il lui correspond un ordinal α ne dépendant que du type de $\mathcal{A}$, tel que toute α-parente soit de même type.

6. Pour que deux polyrelations *de bases dénombrables* soient de même type, il faut et suffit qu'elles soient 3-parentes.

7. Deux polyrelations *de bases dénombrables* et 2-parentes sont inférieures (donc aussi supérieures) l'une à l'autre, mais pas forcément de même type.

8. Deux polyrelations *réduites à leurs bases* E, E' supposées non finies, sont 2-parentes, mais ne sont pas en général 3-parentes.

9. Deux polyrelations *réduites à leurs bases* E, E' et telles que les puissances respectives de E et E' soient deux cardinaux successifs $\aleph_\alpha$ et $\aleph_{\alpha+1}$, ne sont jamais 5-parentes.

IV. Reprenons la définition récurrente de l'α-parenté, en remplaçant la polyrelation quelconque $\mathcal{B}$ qui y figure par une polyrelation *réduite à une suite d'éléments de sa base* (c'est-à-dire dont la signature se réduit à son dernier terme). La définition ainsi modifiée sera celle de l'*α-subparenté*. La o-subparenté se confond évidemment avec la o-parenté. Les deux remarques qui suivent la définition de l'α-parenté s'appliquent encore. On démontre de plus les propositions suivantes :

1. Pour que deux polyrelations soient 1-parentes, il faut et il suffit qu'elles soient 1-subparentes.

2. Quel que soit l'ordinal α, il existe des polyrelations α-subparentes qui ne sont pas $(\alpha+1)$-subparentes.

3. Pour tout ordinal $\alpha > 1$, deux polyrelations α-parentes sont α-subparentes, mais il existe des α-subparentes qui ne sont pas α-parentes.

4. Si deux polyrelations sont α-subparentes pour tout ordinal α, elles sont 2-parentes mais non forcément 3-parentes. *A fortiori*, elles ne sont pas forcément de même type.

5. Deux polyrelations de *bases dénombrables* et Ω-subparentes sont de même type.

6. Par contre, il existe pour tout ordinal $\alpha < \Omega$, des polyrelations de bases dénombrables, α-subparentes et non 2-parentes, donc de types différents.

V. *Hypothèses*. — Les propositions suivantes nous paraissent vraisemblables :

1. A toute polyrelation $\mathcal{A}$ correspond un ordinal α tel que toute α-subparente de $\mathcal{A}$ soit β-subparente de $\mathcal{A}$ quel que soit β.

2. A toute polyrelation *de base dénombrable* $\mathcal{A}$ correspond un ordinal $\alpha < \Omega$ tel que toute α-subparente de $\mathcal{A}$ soit de même type que $\mathcal{A}$.

3. Pour tout ordinal α, il existe des polyrelations α-subparentes qui ne sont pas 2-parentes.

ALGÈBRES NON ASSOCIATIVES. — *L'inversibilité dans les algèbres linéaires non associatives.* Note de M. **Raymond Raffin**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous nous proposons de définir et d'étudier certaines algèbres linéaires non associatives d'ordre fini.

1. Remarques et définitions. — Une algèbre linéaire d'ordre fini sur un corps commutatif F est un espace vectoriel $\mathfrak{L}$, de dimension finie, sur F, muni d'une loi multiplicative exprimée par $c = a.b$ et satisfaisant à la condition de distributivité bilatère par rapport à l'addition. Dans la suite $\mathfrak{A}$ désigne une algèbre linéaire, d'ordre fini, avec élément unité e (il existe $e \in \mathfrak{A}$ tel que pour tout $a \in \mathfrak{A} : e.a = a.e = a$).

S'il existe un élément $a_g \in \mathfrak{A}$ (inverse à gauche) tel que $a_g.a = e$, a est dit inversible à gauche : si $\mathfrak{A}$ n'est pas associative, a peut être à la fois inversible à gauche et diviseur de zéro à gauche (existence de $\alpha_d \neq 0$ tel que $a.\alpha_d = 0$). Par ailleurs, l'unicité de a_g n'entraîne pas forcément l'unicité de a_d (défini par $a.a_d = e$), sauf si pour *tout* $a \in \mathfrak{A}$ a_g existe et est unique et dans ce cas on n'a généralement pas $a_g = a_d$.

Parmi les algèbres $\mathfrak{A}$, nous distinguons :

1° *Les algèbres symétriques* (désignées par la lettre $\mathfrak{A}_s$).

Dans lesquelles tout $a \in \mathfrak{A}_s$ admet au moins un inverse bilatère a^{-1}, c'est-à-dire un élément a^{-1} tel que $a^{-1}.a = a.a^{-1} = e$.

2° *Les algèbres monosymétriques* (désignées par la lettre $\mathfrak{A}_m$).

Dans lesquelles tout $a \in \mathfrak{A}_m$ admet un *seul* inverse bilatère.

3° *Les algèbres symétriques à division* (désignées par la lettre $\mathfrak{A}_d$).

Dans lesquelles tout élément admet un inverse à gauche et un inverse à droite uniques et égaux. Parmi les algèbres non associatives, ces dernières sont celles qui présentent le plus d'analogies avec les corps gauches. Une algèbre symétrique à division est évidemment monosymétrique.

Dans le cas où l'on ajoute l'axiome d'associativité, ces trois ensembles d'algèbres coïncident entre eux et avec l'ensemble des algèbres à division (associatives). Si l'on ne postule pas l'associativité, il n'en est pas de même et l'on a

$$\{0\} \subset \{\mathfrak{A}_d\} \subset \{\mathfrak{A}_u\} \subset \{\mathfrak{A}_s\} \subset \{\mathfrak{A}\},$$

les inclusions étant strictes.

2. *Algèbres symétriques et algèbres monosymétriques.* — Nous nous plaçons dans un corps réel K.

Théorème 1. — *Les algèbres linéaires avec élément unité* e_0, *et une base* $\{e_i\}$ *telle que* $e_i^2 = -e_0$, $e_i.e_j = -e_j.e_i$ $(i > 0,\ j > 0,\ i \neq j)$ *sont des algèbres symétriques* [1].

---

[1] On pose $a.a = a^2$.

Car si

$$x = x_0 e_0 + x_1 e_1 + \ldots + x_n e_n \neq x_0 e_0$$

($x_i \in K$ pour $i = 0, 1, \ldots, n$), le polynome

$$m(x) = x^2 - 2x x_0 + N(x),$$

avec

$$N(x) = x_0^2 + x_1^2 + \ldots + x_n^2$$

est le polynome minimum de x.

Nous appellerons algèbre $\mathfrak{P}$ une algèbre dont une base satisfait aux conditions du théorème 1.

THÉORÈME 2. — *Les algèbres $\mathfrak{P}$ d'ordre trois telles que $e_1 e_2 \neq 0$ et les algèbres $\mathfrak{P}$ d'ordre quatre telles que $\{e_i e_j\}(i > 0, j > 0, i \neq j)$ forment une base d'un espace linéaire à trois dimensions, sont des algèbres monosymétriques.*

Car la condition nécessaire et suffisante pour qu'une algèbre symétrique $\mathfrak{U}_s$ soit monosymétrique est

Pour tout $x \neq 0$ de $\mathfrak{U}_s$ les équations $\alpha x = x\alpha = 0$ entraînent $\alpha = 0$.

Or, si $\alpha x = x\alpha = 0$ ($\alpha = \alpha_0 e_0 + \alpha_1 e_1 + \ldots + \alpha_n e_n$), il en résulte

$$(1) \qquad x_0 \alpha_0 - \sum_1^n x_i \alpha_i = 0$$

$$x_0 \alpha_i + \alpha_0 x_i = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

$$\sum_{i<j} (x_i \alpha_j - x_j \alpha_i) e_i e_j = 0$$

Les éléments pour lesquels $x_0 \neq 0$ admettent un inverse bilatère unique. Si $x_0 = 0$, on a $\alpha_0 = 0$; dans les conditions du théorème, il en résulte [2] : soit

$$\overrightarrow{(\alpha_1, \alpha_2)} = k \overrightarrow{(x_1, x_2)},$$

soit

$$\overrightarrow{(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)} = k \overrightarrow{(x_1, x_2, x_3)},$$

ce qui, d'après l'équation (1), entraîne $\alpha = 0$.

(Si l'espace engendré par $\{e_i e_j\}$ était de dimension < 3, il existerait des éléments admettant plusieurs inverses bilatères.)

THÉORÈME 3. — *Toute algèbre monosymétrique de degré deux est équivalente (éventuellement dans une extension euclidienne de K) à une algèbre $\mathfrak{P}$ (si K = R corps des nombres réels, l'équivalence a lieu dans R).*

Soit $\mathfrak{H}$ une algèbre satisfaisant aux conditions du théorème :

1° Si le polynome minimum de $x \neq x_0 e_0$ est :

$$m(x) = x^2 - 2T(x)x + N(x),$$

[2] $\overrightarrow{(\alpha_1, \alpha_2)}$, par exemple, désigne le vecteur de coordonnées α_1 et α_2.

on ne peut avoir $T^2 - N = \beta^2$ avec $\beta \in K$; sinon, en posant :

$$z = x - [T(x) + \beta] e_0 \in \mathfrak{H} \quad \text{on aurait} \quad z(z + 2\beta e_0) = 0$$

et si t était un inverse bilatère de z, $t + m(z + 2\beta e_0)$, pour tout $m \in K$, en serait aussi un. (Par suite, si $K = R$ et si $x \neq x_0 e_0$ on a $N - T^2 > 0$.)

Il en résulte :

2° Par une transformation linéaire régulière sur les éléments de base, on peut se ramener à : $e_i^2 = -e_0$ et $e_i . e_j = -e_j . e_i (i > 0, j > 0, i \neq j)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la série de Fourier et la série conjuguée d'une fonction continue périodique.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous avons précédemment démontré les résultats suivants :

1° $S_n(x)$ désignant la $n^{\text{ième}}$ somme de Fourier de $f(x)$ continue périodique, si $S'_n(x)/n$ tend vers zéro avec $1/n$, la condition nécessaire et suffisante pour qu'au point x la série conjuguée converge est que

$$\frac{1}{\pi} \int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}} [f(x + 2t) - f(x - 2t)] \operatorname{cotg} t \, dt$$

ait une limite pour $\varepsilon = 0$ et la série conjuguée a alors pour somme cette limite ([1]).

2° Si $0 < \alpha \leq 1$, la condition nécessaire et suffisante pour que $|S_n - f| = O(1/n^{\alpha})$ est que $|S''_n| = O(n^{2-\alpha})$ et que si r est > 0, l'hypothèse $|S_n - f| = O(1/n^r)$ entraîne $|\tilde{S}_n - \tilde{f}| = O(1/n^r)$ ([2]).

Pour démontrer le premier résultat nous avons établi l'égalité :

$$\frac{2 S'_n(x)}{2n+1} = O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right] + \tilde{S}_n(x) - \frac{1}{\pi} \int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}} [f(x + 2t) - f(x - 2t)] \operatorname{cotg} t \, dt,$$

où $\omega(h)$ est le module de continuité de $f(x)$.

Cette Note a pour objet de préciser ces résultats et d'indiquer les relations existant entre les approximations en un point x de f et $\tilde{f}$ par S_n et $\tilde{S}_n$ respectivement.

1. *Soit $f(x)$ une fonction continue de période 2π, ρ_n une suite de nombres > 0 tels que $\lim_{n \infty} \rho_n = 0$. S'il existe une suite de polynomes trigonométriques $P_n(x)$ tels que $|P_n - f| = O(\rho_n)$ et $|P''_n| = O(n^2 \rho_n)$,*

$$S_n(x) - f(x) = O(\rho_n) - \frac{1}{4}\left[S_n\left(x + \frac{2\pi}{2n+1}\right) + S_n\left(x - \frac{2\pi}{2n+1}\right) - 2 S_n(x)\right].$$

([1]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1011.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 460.

En d'autres termes les sommes trigonométriques

$$\frac{1}{4}\left[S_n\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+S_n\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)+2S_n(x)\right]$$

convergent uniformément vers $f(x)$ et fournissent une approximation de l'ordre de ρ_n.

Elles correspondent au procédé d'approximation défini par les constantes

$$\gamma_n^k=\cos^2\frac{k\pi}{2n+1} \quad (^3).$$

On trouve les résultats antérieurs en prenant, ce qui est possible,

$$\rho_n=O\left(\frac{1}{n^\alpha}\right) \qquad \text{ou} \qquad \rho_n=E_n(f)=O\left(\frac{1}{n^k}\right) \qquad (0<k<2).$$

On en conclut que *la condition nécessaire et suffisante pour que* $|S_n-f|=O(\rho_n)$ *est que* $|S_n''|=O(n^2\rho_n)$.

2. *Si l'on pose*

$$\Delta(f,x,h)=f(x-h)-2f(x)+f(x+h),$$

on a

$$\Delta\left(S_n^{\cdot},x,\frac{2\pi}{2n+1}\right)=\Delta\left(S_n,x+\frac{\pi}{2n+1},\frac{2\pi}{2n+1}\right)+O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right];$$

3. Posant

$$z_n(x)=\frac{1}{\pi}\int_{\frac{2\pi}{2n+1}}^{\frac{\pi}{2}}[f(x+2t)-f(x-2t)]\frac{\cos(2n+1)t}{\sin t}\,dt$$

et appliquant une méthode déjà utilisée nous démontrons que :

$$z_n(x)=-\frac{1}{4}\left[z_n\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+z_n\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)-2z_n(x)\right]$$
$$+O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right]=\frac{1}{4}\left[S_n^{\cdot}\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+S_n^{\cdot}\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)-2S_n^{\cdot}(x)\right].$$

Nous en déduisons les égalités suivantes :

$$S_n^{\cdot}(x)-\frac{1}{\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}}[f(x+2t)-f(x-2t)]\cot t\,dt$$
$$=O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right]-\frac{1}{4}\left[S_n^{\cdot}\left(x+\frac{2\pi}{2n+1}\right)+S_n^{\cdot}\left(x-\frac{2\pi}{2n+1}\right)-2S_n^{\cdot}(x)\right]$$
$$=O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right]+S_n\left(x+\frac{\pi}{2n+1}\right)-f(x)$$

(3) J. Favard, *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, LXI, 1937.

et

$$\sigma_n^{\cdot} - \frac{1}{\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{\frac{\pi}{2}} [f(x+2t) - f(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt = O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right] - \frac{S'_{n-1}(x)}{n(2n+1)}.$$

Donc *la condition* $\lim_{n\infty}[S'_n(x)/n] = 0$ *est nécessaire et suffisante pour que* $S_n[x + \pi/(2n+1)]$ *ait pour limite* $f(x)$ *alors que la condition* $\lim_{n\infty}[S''_n(x)/n] = 0$ *est nécessaire et suffisante pour que* $S_n(x)$ *ait pour limite* $f(x)$.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'au point x, $\sigma_n^{\cdot}(x)$ *ait une limite est que*

$$\frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}} [f(x+2t) - f(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt$$

en ait une et

$$\lim_{n\infty} \sigma_n^{\cdot}(x) = \lim_{\varepsilon=0} \frac{1}{\pi}\int_{\varepsilon}^{\frac{\pi}{2}} [f(x+2t) - f(x-2t)] \operatorname{cotg} t\, dt.$$

On en déduit des théorèmes de localisation. Ainsi :

Pour que $S_n(x)$ *converge uniformément vers* $f(x)$ *pour* $\alpha \leqq x \leqq \beta$, *il faut et il suffit que pour* $\alpha - \varepsilon \leqq x \leqq \beta + \varepsilon$, $[S'_n(x)/n]$ *tende uniformément vers zéro pour* $n\ \infty$.

GÉOMÉTRIE. — *Cubiques gauches et points remarquables associés au tétraèdre.* Note (*) de MM. **Robert Bouvaist** et **Victor Thébault**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans un tétraèdre $T \equiv ABCD$, nous désignons par a, a', b, b', c, c' les dièdres suivant les arêtes BC, DA, CA, DB, AB, BC, et par A, B, C, D les aires des faces BCD, CDA, DAB, ABC.

D'un point arbitraire P de coordonnées normales (x, y, z, t), on mène les perpendiculaires PA_1, PB_1, PC_1, PD_1 sur les plans des faces A, B, C, D qui rencontrent respectivement

B, C, D en B_2, C_2, D_2; C, D, A en C_3, D_3, A_3;
D, A, B en D_4, A_4, B_4; A, B, C en A_5, B_5, C_5.

Les volumes des tétraèdres

$$T_2 \equiv A_5B_2C_3D_4, \qquad T_3 \equiv A_4B_5C_2D_3, \qquad T_4 \equiv A_3B_4C_5D_2.$$

(*) Séance du 23 mai 1949.

sont proportionnels aux quantités

$$
(1)\quad \left\{
\begin{aligned}
X &= \frac{yzt\mathrm{D}\cos a + xzt\mathrm{A}\cos c' + xyt\,\mathrm{B}\cos a' + xyz\,\mathrm{C}\cos c}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'},\\
Y &= \frac{yzt\mathrm{C}\cos b' + xzt\mathrm{D}\cos b + xyt\,\mathrm{A}\cos b' + xyz\,\mathrm{B}\cos b}{\cos^2 b\cos^2 b'},\\
Z &= \frac{yzt\mathrm{B}\cos c' + xzt\mathrm{C}\cos a' + xyt\mathrm{D}\cos c + xyz\mathrm{A}\cos a}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'}.
\end{aligned}
\right.
$$

Le lieu des points P tels que les tétraèdres T_2, T_3, T_4 aient des volumes équivalents est la cubique gauche (Γ_1)

$$X = Y = Z,$$

inverse tétraédrique normale de la droite

$$
\begin{aligned}
\frac{x\mathrm{D}\cos a + y\mathrm{A}\cos c' + z\mathrm{B}\cos a' + t\mathrm{C}\cos c}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'} &= \frac{x\mathrm{C}\cos b' + y\,\mathrm{D}\cos b + z\,\mathrm{A}\cos b' + t\mathrm{B}\cos b}{\cos^2 b\cos^2 b'}\\
&= \frac{x\mathrm{B}\cos c' + y\mathrm{C}\cos a' + z\,\mathrm{D}\cos c + t\mathrm{A}\cos a}{\cos a\cos a'\cos c\cos c'},
\end{aligned}
$$

et circonscrite à T.

Lorsque le point $P \equiv P_1$ se confond avec l'inverse tétraédrique du point

$$
P' \equiv \left\{
\begin{aligned}
&x\,\mathrm{D}\cos a' + y\,\mathrm{A}\cos c' + z\,\mathrm{B}\cos a' + t\,\mathrm{C}\cos c = 0,\\
&x\,\mathrm{C}\cos b' + y\,\mathrm{D}\cos b + z\,\mathrm{A}\cos b' + t\,\mathrm{B}\cos b = 0,\\
&x\,\mathrm{B}\cos c' + y\,\mathrm{C}\cos a' + z\,\mathrm{D}\cos c + t\,\mathrm{A}\cos a = 0,
\end{aligned}
\right.
$$

il appartient à la surface cubique de Cayley (¹) *de* T *et les sommets des tétraèdres* $T_1 \equiv A_1B_1C_1D_1$, T_2, T_3, T_4 *sont situés respectivement dans quatre plans.*

Les relations (1) entraînent les suivantes :

$$\cos a\cos a'\cos c\cos c'.V_2 + \cos^2 b\cos^2 b'.V_3 + \cos a\cos a'\cos c\cos c'.V_4 = V_1,$$

entre les volumes V_1, V_2, V_3, V_4 des tétraèdres T_1, T_2, T_3, T_4. Si T est orthocentrique, *la cubique* (Γ_1) *passe par le centre de gravité* et l'on obtient

$$V_2 + V_3 + V_4 = \frac{V_1}{\cos^2 a\cos^2 a'} = \frac{V_1}{\cos^2 b\cos^2 b'} = \frac{V_1}{\cos^2 c\cos^2 c'}.$$

2. Tous ces résultats s'appliquent aussi aux tétraèdres

$$T_5 \equiv A_5B_4D_3C_2, \qquad T_6 \equiv C_5D_4A_3B_2, \qquad T_7 \equiv B_5A_4C_3D_2$$

et

$$T_8 \equiv C_5A_4D_3B_2, \qquad T_9 \equiv A_5B_4C_3D_2, \qquad T_{10} \equiv B_5D_4A_3C_2.$$

A chacun de ces deux groupes correspond une cubique gauche (Γ_2) et (Γ_3) circonscrite à T et un point $P \equiv P_2$ et $P \equiv P_3$ tel que les sommets des

(¹) Cf. *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 950.

tétraèdres T_1, T_5, T_6, T_7 sont situés respectivement dans quatre plans, de même que ceux des tétraèdres T_1, T_8, T_9, T_{10}. Les points P_1, P_2, P_3 sont comparables au point de Tarry d'un triangle (²); ils sont les seuls (les sommets A, B, C, D de T exceptés) à posséder la propriété qu'ont les sommets des tétraèdres (T_2, T_3, T_4), (T_5, T_6, T_7), (T_8, T_9, T_{10}) d'être coplanaires respectivement, à la fois.

3. Certaines positions particulières du point P conduisent à des propriétés intéressantes. Ainsi, lorsque les coordonnées de P sont proportionnelles à ($\cos a$, $\cos c'$, $\cos a'$, $\cos c$) ou à ($\cos b'$, $\cos b$, $\cos b'$, $\cos b$), ou enfin à ($\cos c'$, $\cos a'$, $\cos c$, $\cos a$), on obtient, par exemple,

$$PA_5 = PB_2 = PC_3 = PD_4 = l_2,$$
$$PA_4 = PB_5 = PC_2 = PD_3 = l_3,$$
$$PA_3 = PB_4 = PC_5 = PD_2 = l_4.$$

Les longueurs l_2, l_3, l_4 et celle du rayon r de la sphère inscrite à T satisfont à la relation

$$\frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_4} = \frac{1}{r},$$

qui a aussi son analogue dans le triangle.

Note. — D'autres propriétés remarquables de ces configurations seront publiées ailleurs.

ASTROPHYSIQUE. — *Émission de l'oxyde de carbone dans la région du groupe* 4050 Å *des noyaux cométaires.* Note (*) de Mme **Renée Herman**, présentée par M. André Danjon.

Au cours d'études précédentes, on a montré qu'il était possible d'identifier de façon satisfaisante le groupe 4050, observé dans les spectres des noyaux cométaires, à une émission, située dans la même région spectrale, obtenue au laboratoire. Jusqu'ici, on n'a pas réussi à élucider la structure de rotation de cette dernière, aussi, la molécule responsable de l'émission n'est pas connue avec certitude. G. Herzberg et P. Swings (¹) l'ont identifiée à la molécule CH_2. Hunaerts pense plutôt à la molécule ionisée OH^+ (²) mais cette identification se heurte à des difficultés, malgré de nombreuses coïncidences numériques (³).

(²) *Mathesis*, 1886, p. 5.

(*) Séance du 23 mai 1949.

(¹) G. Herzberg, *Review of Modern Physics*, 14, 1942, p. 195; P. Swings, *Monthly Notices*, 103, 1943, p. 86; R. Herman, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 221.

(²) J. Hunaerts, *Bulletin Astronomique de l'Observatoire royal de Belgique*, 3, 1945, p. 320.

(³) R. Herman, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 962; L. Herman et R. Herman, *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

Dans mes expériences, le tube à décharge, de 90^{cm} de long, muni d'électrodes de carbone, est rempli de xénon sous une pression de 10^{mm} de mercure. Des quantités croissantes d'hydrogène sont introduites dans le tube à l'aide d'un osmorégulateur. Au cours de ces recherches, on a obtenu des résultats intéressants en ce qui concerne la molécule CO. Il est en effet difficile de se débarrasser de toute trace d'oxygène et le système le plus persistant de CO, dans ces conditions, est la transition $a^3\Pi - X^1\Sigma^+$ dans l'ultraviolet. Lorsqu'on augmente le pourcentage d'hydrogène dans le tube, on observe des modifications importantes : d'une part le système de Cameron se développe de telle sorte que la température de vibration de ce système augmente avec la concentration en hydrogène, d'autre part, pour une assez forte pression de ce dernier, si l'on ajoute un peu de CO en chauffant les électrodes par une décharge, le tube prend la couleur verte caractéristique du système de triplets (maximum d'émission dans le jaune vert). L'exaltation du système $d^3\Pi - a^3\Pi$ ne s'accompagne pas d'une augmentation parallèle d'intensité des bandes de Cameron. Les deux systèmes ne semblent pas étroitement liés entre eux, le système de triplets subissant des variations considérables d'intensité avec la pression et la densité de courant, alors que le système de Cameron garde une intensité sensiblement constante dans nos conditions expérimentales. Ce résultat est en désaccord avec l'hypothèse d'une descente en cascade



$$d^3\Pi \rightarrow a^3\Pi \rightarrow X^1\Sigma^+.$$

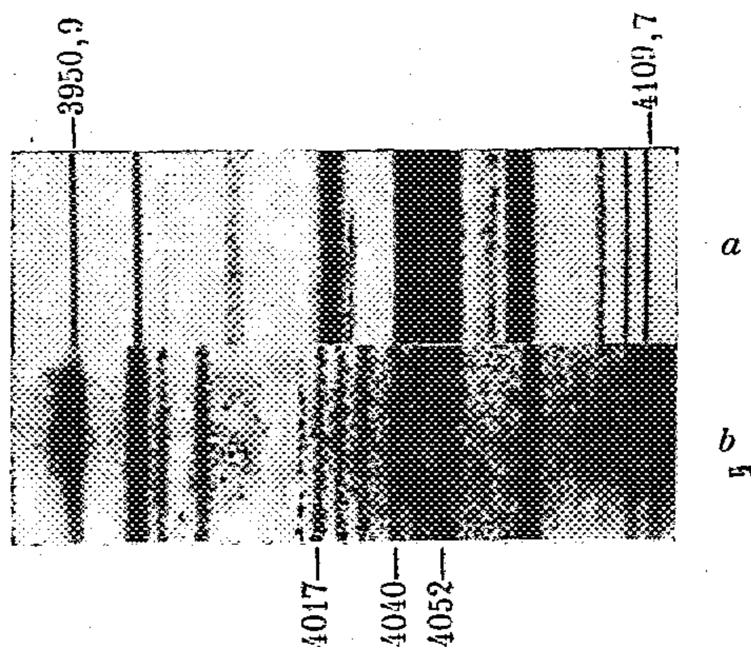
Outre le système $d^3\Pi - a^3\Pi$, on observe, dans la région du groupe 4050, de nouveaux triplets dont les longueurs d'onde sont indiquées dans la première ligne du tableau. Dans la deuxième ligne figurent les têtes de bande du groupe obtenu dans l'hydrogène en l'absence de CO et, dans la dernière, les positions des maxima observés dans les comètes.

CO..........	4100	4093	4086	–	4070	–	4063	4056	4052	4046	4040	–	4030
CH_2.........	4099	4091	4086	4074	4069	4068	4065	4054	4050	4044	4040	4033	–
Comètes.....	4099	4090	4085	4074	–	4068	4064	4054	4051	4043	4040	4033	–
CO..........	–	4024	–	4017	–	–	–	3997	–	–	3991	(*)	–
CH_2.........	4026	4024	4021	4019	4014	4007	4002	3998	3995	3993	3991	3986	3983
Comètes.....	4028	4023	–	4019	4013	4007	4002	3997	–	3993	–	3987	–

(*) Masquée par XI 3985,2.

Les nombres figurant dans ce tableau permettent de constater de bonnes coïncidences numériques entre les lignes 1 et 3. Étant donnée la présence, reconnue depuis longtemps, de la molécule CO dans le rayonnement cométaire, on est en droit de se demander si les bandes ci-dessus ne pourraient pas apparaître, dans certaines conditions, et modifier par suite la position des maxima et les intensités relatives des composantes du groupe 4050, d'autant plus que les conditions d'excitation sont très voisines. Toutefois, on

peut constater, sur la reproduction ci-contre, que les deux systèmes sont entièrement distincts. On voit en effet, sur la figure, que les branches ou bandes individuelles ont des intensités différentes dans les deux cas. La structure de



rotation n'est également pas la même : alors que, dans le spectre *b*, les branches individuelles ont l'aspect de raies, celles du spectre *a* ont une structure de rotation développée et la dégradation vers le rouge est visible, même avec une faible dispersion.

L'écartement de ces triplets ne correspond pas à celui du système $d^3\Pi - a^3\Pi$; il semble analogue, par contre, à celui des nouveaux triplets signalés précédemment ([4]); toutefois, le rattachement à ceux-ci n'est pas établi. L'étude détaillée de ces nouvelles émissions de CO est en cours.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur deux critériums de qualité d'un système linéaire de transmission.* Note (*) de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un système de transmission linéaire est défini, soit par sa réponse $I(t)$ à un signal impulsion unité, représenté par la fonction de Dirac

$$(1) \qquad \delta(t) = 0 \quad \text{pour} \quad x \neq 0; \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) = 1,$$

soit par son facteur de transfert

$$(2) \qquad e^{-\Gamma} = e^{-\varphi_1}(\cos\varphi_2 - j\sin\varphi_2),$$

où φ_1 et φ_2 sont deux fonctions réelles de la fréquence f.

Le signal appliqué au système est donné, soit par son expression $y(t)$ en

([4]) L. Herman et R. Herman, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 230; *Journ. de Phys.*, VIII, 9, 1948, p. 160.

(*) Séance du 16 mai 1949.

fonction du temps t, soit par ses composantes de Fourier. A ce signal, le système donne la réponse $z(t)$, et nous définirons l'erreur introduite par la transmission par

$$u(t) = \frac{z(t)}{m} - y(t - \theta), \tag{3}$$

les constantes m (affaiblissement) et θ (retard) étant ajustées au mieux.

1° Posons

$$y_T(t) = y(t) \quad \text{pour} \quad -T < t < T, \qquad y_T(t) = 0 \quad \text{pour} \quad t < -T \quad \text{et} \quad t > T \tag{4}$$

$$A_T(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} y_T(t) e^{-2\pi i f t}\, dt. \tag{5}$$

Au signal $y_T(t)$ correspondra la réponse $z_T(t)$ et l'erreur

$$u_T(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} A_T(f)\, [m^{-1} e^{-\Gamma} - e^{-2\pi i\theta f}]\, e^{2\pi i f t}\, df. \tag{6}$$

En supposant que les limites

$$\overline{y^2} = \lim_{T=\infty} \frac{1}{2T} \int_{-\infty}^{+\infty} y_T^2\, dt \tag{7}$$

$$G(f) = \lim_{T=\infty} \frac{|A_T|^2}{T} \tag{8}$$

existent, on a, comme il est bien connu,

$$\overline{y^2} = \int_0^\infty G(f)\, df. \tag{9}$$

En définissant $\overline{z^2}$, $\overline{y^2}$, $\overline{u(t y)(t-\theta)}$ par des équations analogues à (7), on a de même

$$\overline{u^2} = \int_0^\infty G(f)\, [m^{-2} e^{-2\varphi_1} - 2 m^{-1} e^{-\varphi_1} \cos(\varphi_2 - 2\pi\theta f) + 1]\, df. \tag{10}$$

Le minimum de $\overline{u}^2$, défini par $\partial\overline{u^2}/\partial\theta = \partial\overline{u^2}/\partial m = 0$ est

$$\overline{u}^2_{\min} = \int_0^\infty G(f)\, (1 - m^{-2} e^{-2\varphi_1})\, df = \int_0^\infty G(f)\, [1 - m^{-1} e^{-\varphi_1} \cos(\varphi_2 - 2\pi\theta f)]\, df. \tag{11}$$

Notons que

$$\overline{u(t) y(t-\theta)} = -\int_0^\infty G(f)\, (1 - m^{-2} e^{-2\varphi_1})\, df = -\overline{u}^2_{\min}. \tag{12}$$

Posons

$$m = e^{-\varphi_0}; \qquad \psi_1 = \varphi_1 - \varphi_0; \qquad \psi_2 = \varphi_2 - 2\pi\theta f. \tag{13}$$

Dans un système de transmission de qualité, ψ_1 et ψ_2 sont très petits dans tout le domaine des fréquences pour lesquelles $G(f)$ n'est pas extrêmement

petit, domaine qui constitue la bande passante. On a alors

(14) $$\overline{u^2_{\min}} \simeq \int_0^{\infty} G(f)(\psi_1^2+\psi_2^2)\,df.$$

Si l'on admet que la distribution des valeurs de u suit une loi de probabilité normale, la probabilité pour que l'erreur instantanée $|u(t)|$ dépasse $4\sqrt{\overline{u^2_{\min}}}$ est très faible. La qualité d'une transmission est donc déterminée par les valeurs de ψ_1 et ψ_2, et non par les valeurs de $d\psi_2/df$.

2° De l'identité

(15) $$u(t)=\int_{-\infty}^{+\infty} m^{-1} y(t-t')[\mathrm{I}(t')-m\,\delta(t'-\theta)]\,dt'$$

on déduit, en supposant $|y(t)|<y_0$,

(16) $$|u(t)|<u_0=m^{-1}y_0\int_{-\infty}^{+\infty}|\mathrm{I}(t')-m\,\delta(t'-\theta)|\,dt'.$$

On montre facilement qu'il est possible de substituer dans (16) à $\delta(t)$ une impulsion $\varphi(t)$ de durée courte, mais finie, et à $\mathrm{I}(t')$ la réponse $\mathrm{R}(t')$ du système à $\varphi(t)$, *dans la mesure où l'on peut confondre pratiquement* $y(t)$ *avec une moyenne pondérée* $\mathrm{Y}(t)$, définie par

(17) $$\mathrm{Y}(t)=\int_{-\infty}^{+\infty}\varphi(t-t_1)\,y(t_1)\,dt_1$$

avec la condition

(18) $$\int_{-\infty}^{+\infty}\varphi(t)\,dt=1.$$

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'opacité aux ultrasons des milieux poreux.* Note (*) de M. **Georges-A. Homès**, présentée par M. Albert Portevin.

1. Les ultrasons se propagent aisément dans les solides et les liquides homogènes, mais ils sont réfléchis et diffusés par les surfaces limitant les inclusions gazeuses au sein desquelles ils se propagent mal. Aussi les corps poreux sont-ils de mauvais conducteurs des ultrasons et l'on peut s'attendre à trouver une mesure de la compacité par la détermination du facteur de transmission des ultrasons.

Nous relatons ci-après quelques expériences entreprises dans le but de vérifier s'il existe une corrélation étroite entre ces grandeurs, en vue de l'appliquer aux métaux frittés, suivant une suggestion de A. Portevin.

2. La première expérience a consisté à dégazer progressivement de l'eau

(*) Séance du 23 mai 1949.

chargée de bulles d'air et à suivre l'évolution de la transparence aux ultrasons du mélange. Celle-ci se mesurait par le rapport des intensités, à l'entrée et à la sortie, d'un faisceau d'ultrasons traversant une épaisseur constante de liquide. Les ondes avaient pour fréquence 1 mégahertz.

Un dispositif spécial avait été construit pour faire circuler l'eau, pour y injecter une certaine quantité d'air et pour laisser s'échapper les bulles d'air.

Nous commencions par mélanger une certaine quantité de bulles dans l'eau et par mesurer la transparence initiale aux ultrasons. Ensuite nous laissions s'échapper l'air progressivement : la teneur en bulles diminuait au fur et à mesure que le temps s'écoulait. Nous nous servions de ce temps de dégazage comme mesure de la compacité du mélange.

Voici nos résultats.

Compacité (Durées de dégazage, en minutes).	Transparence aux ultrasons (Intensité relative des faisceaux, en %).
0 (mélange riche en bulles)	2
1	10
2	22
3	37
4	52
5	64
6	74
7	81
8 (bulles invisibles)	87
eau pure	100

La corrélation entre la quantité de bulles et l'opacité aux ultrasons semble indéniable.

3. Pour progresser dans la voie quantitative, nous avons radiographié des mélanges homogènes d'eau et de bulles d'air à l'endroit même où passait un faisceau d'ultrasons dont nous mesurions l'intensité à l'entrée et à la sortie d'une couche d'épaisseur constante. Le rapport des intensités mesurait la transparence du milieu aux ultrasons.

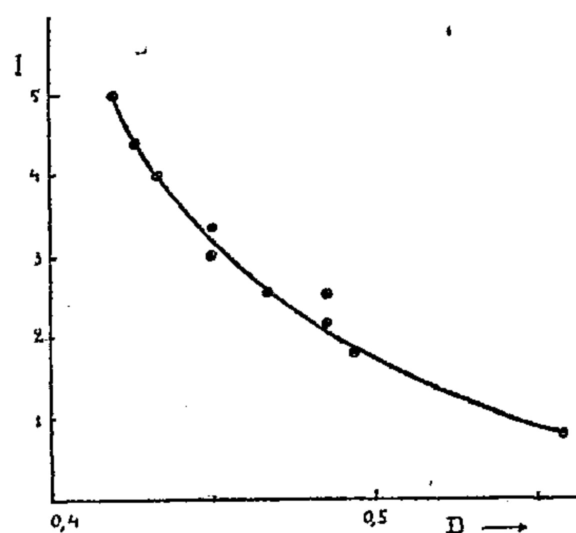
Nous photométrions les films radiographiques pour en déduire leur densité (ou noircissement). On sait (1) qu'entre certaines limites de noircissement, que nous avons respectées, la densité est une mesure fidèle du milieu. Pour homogénéiser les mélanges, nous avions construit un dispositif d'agitation de l'eau qui fonctionnait pendant les opérations de radiographie et d'ultrasonoscopie. Les résultats de ces mesures sont portés sur le graphique ci-contre, qui révèle une corrélation très étroite entre la compacité et la transparence aux ultrasons. Le seul point aberrant du graphique peut s'expliquer par un incident de fonctionnement du dispositif d'agitation.

4. Pour nous rapprocher du cas des matériaux solides hétérogènes et en

---

(1) G.-A. Homès, *Revue A. R. C. O. S.*, Bruxelles, 1938, p. 1951.

même temps pour évaluer l'influence de la dimension des inclusions, nous avons comparé la transparence aux ultrasons de trois disques de 15^{mm} d'épaisseur, le



Corrélation entre l'opacité ultrasonore de l'eau chargée de bulles d'air et la porosité, évaluée par la radiographie.

I, transparence aux ultrasons mesurée par le rapport entre l'intensité incidente et l'intensité transmise des ultrasons, pour différentes teneurs de l'eau en bulles d'air (fréquence des ultrasons = 1 mégahertz).

D, densité photométrique du film radiographique obtenu en irradiant l'eau à l'aide des rayons X, à l'endroit même où passe le faisceau d'ultrasons.

premier en paraffine pure, le second en paraffine chargée de billes métalliques de 5^{mm} et le troisième en même matière chargée de billes de 1^{mm}. Voici les résultats :

Matière irradiée.	Transparence aux ultrasons.
Paraffine pure	100%
» chargée de billes de 5^{mm}	10
» » 1^{mm}	2

5. En conclusion, il semble possible d'évaluer la compacité d'un corps poreux par sa transparence aux ultrasons.

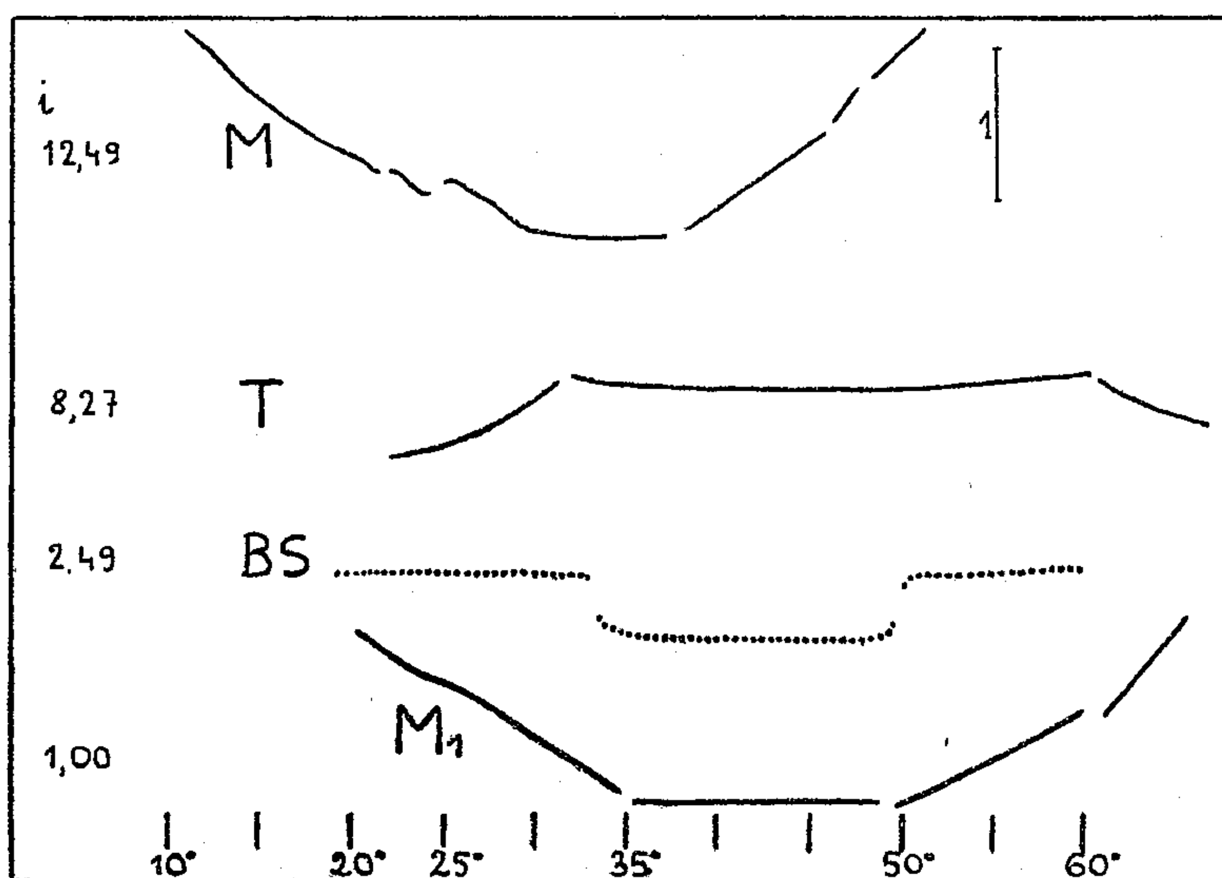
Il s'agit ici d'expériences préliminaires, préface à une étude d'ensemble sur la perméabilité aux ultrasons des poudres métalliques frittées, entreprise en collaboration avec M. Albert Portevin.

CHALEUR. — *Variation thermique non continue de la transparence de solutions aqueuses*. Note de Mlle **Marie-Claire Ollivier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Deux cellules photoélectriques Φ, Φ', identiques, sont reliées en parallèle, en opposition, à un galvanomètre de shunt réglable. La source lumineuse invariable fournit deux faisceaux : le premier traverse un objectif, des filtres, le corps étudié A et atteint Φ; le second, dont on règle l'intensité au moyen de deux polariseurs, atteint Φ'. La température t de la substance, mesurée à 0°,05

près, varie de t_1 à t_2, par exemple de 9° à 80°. Ce dispositif, très souple, permet d'amener le spot du galvanomètre à l'un des bouts de la règle pour $t=t_1$ et à l'autre bout pour $t=t_2$. Soit $L=a-bt+y$ (ou quelquefois $a-bt+ct^2+y$), la lecture sur la règle; de L on déduit la transparence de A. On étudie la fonction $y(t)$. Exemples :

Solution T : $(NO_3)_3Fe+NO_3H$, eau, renfermant 1g de nitrate anhydre pour 3g de solution ([1]). Assez transparente à froid jusqu'au bleu vert, elle ne laisse passer à chaud que du rouge. On opère en lumière verte ($0^{\mu},52$ environ) et au-dessous de 80°, sinon la réversibilité n'est pas suffisante. La courbe $y(t)$ montre deux clasties vers 30° et 60°, comme les courbes relatives aux densités et aux résistances (*loc. cit.*). On observe ces clasties même si l'on opère en lumière blanche.



Solutions salines : siège d'une hydrolyse réversible, fonction de t; avec, suivant les cas, un peu de pourpre de bromocrésol (PR) ou de phénolsulfonephtaléine (PS). Une trace de base ou d'acide amène la teinte au rose intermédiaire entre le jaune très clair (acide) et le violet foncé (alcalin). Chauffée, la solution devient jaune clair; refroidie, violette, si l'acide du sel est fort et la base faible; et inversement. Pendant les mesures de transparence, qui se font en lumière verte, il faut proscrire l'apport de la moindre trace d'acide ou de base ([2]). Je cite :

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1012; **228**, 1949, p. 984. Au sujet de l'utilisation d'*une* cellule photoélectrique, voir notamment : H. Ollivier, *Bull. Soc. Phys.*, 1937, p. 119 S et *passim*; Dejardin, *Bull. Soc. Phys.*, 1937, p. 45 S.

([2]) Les précautions à prendre ressemblent à celles que prend un chirurgien pour opérer aseptiquement.

Solution M (+ PR) (NO_3NH_4, $\tau = 0,50$; $i = 12,49$). L'abscisse L (cm) du spot variait de plus de 7^{mm} par degré. La courbe M indique les variations de $y = 0,72t - L - 22$ (cm). Des clasties s'observent, comme pour les densités et les résistances (*loc. cit.*) vers 24°, 29°,5, 38° (45° à 47°). Un léger accident s'observe de 21° à 23° comme pour les résistances.

Solution M_1 (+ PR) (NO_3NH_4; $\tau = 0,04$; $i = 1$). La courbe M_1 indique les variations de $y = 0,48t - L - 22$ (cm). Les clasties se montrent à 35°, 49°, 61°.

Solution BS (+ PS) (benzoate de sodium; $\tau = 0,316$; $i = 2,49$). La courbe BS montre les variations de $y = L - 21 - bt - ct^2$ ($b = 0,928$; $c = 2,86 . 10^{-3}$). Une clastie s'observe à 33°, une autre à 50°.

Les points correspondant à tous ces résultats se placent bien sur la courbe générale VIII (*loc. cit.*). L'existence des températures limites ($i \rightarrow 0$) vers 36°, 50°, 61° se confirme.

Le même dispositif s'est montré d'une grande sensibilité et d'une fidélité irréprochable pour l'étude d'autres phénomènes; je cite :

1° le problème classique de la neutralisation *isotherme* d'une solution diluée basique (variables : les natures de la base, de l'acide ajouté, de l'indicateur coloré; la température). Exemple : soude à 20°, PR de titre $2 . 10^{-5}$, lumière verte; une addition de $2 . 10^{-10}$ mol/g d'acide fort par centimètre cube produit dans la région du virage un déplacement du spot de 1^{mm}, fidèlement reproductible;

2° la production d'un composé coloré, comme le corps rouge sang donné par un sel ferrique avec l'antipyrine. Solution acide de nitrate ferrique de titre 0,025. Addition goutte à goutte d'une solution apportant, par goutte, $6,08 . 10^{-6}$ mol/g d'antipyrine. La déviation du spot, toujours en lumière verte, est $L(cm) = -15,72 + 40,62 . 10^{-0,02329x}$ (x, nombre des gouttes).

L'apport de $2 . 10^{-7}$ mol/g d'antipyrine par centimètre cube est décelable. Pour ces solutions diluées et acides, la limite a été atteinte quand une molécule d'antipyrine a été ajoutée à 11^{mol} de sel ferrique.

THERMODYNAMIQUE. — *Possibilité d'appréciation des carburants du point de vue de leur combustion dans les moteurs.* Note (*) de MM. ROSTISLAV VICHNIEVSKY et ROBERT GUYOT, présentée par M. Gustave Ribaud.

La combustion dans les moteurs à allumage par étincelle peut présenter deux phases, une phase de combustion normale caractérisée par un accroissement de pression progressif, et une phase anormale où l'accroissement de la pression est accompagné de vibrations.

En première approximation, la nature des carburants n'a pas d'influence

(*) Séance du 23 mai 1949.

sur les diverses manifestations de la combustion pendant la première phase. Elle intervient uniquement pour limiter la durée de celle-ci. On peut sur les moteurs expérimentaux détecter cette limite par les vibrations de pression de la masse gazeuse contenue dans le cylindre, par la variation oscillatoire de la conductibilité électrique ou du rayonnement de la flamme [1] [2]. Sur les moteurs industriels un appareil sismographique enregistrant les vibrations transmises à la culasse, permet de détecter l'apparition du cliquetis. Dans ce but, les vibrations enregistrées par l'appareil sont filtrées de manière à ne laisser passer que les fréquences correspondant aux vibrations propres de la masse gazeuse contenue dans le cylindre.

Ainsi la mesure de la durée de la combustion normale permet de classer les carburants.

Nous avons opéré sur un moteur monocylindre alimenté dans des conditions identiques avec différents mélanges d'heptane et d'isooctane. L'enregistrement de ces vibrations est représenté par la figure 1.

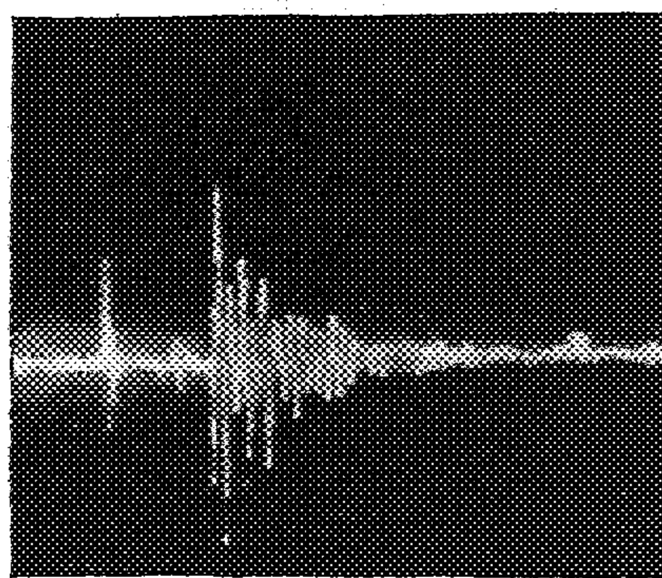


Fig. 1. — Enregistrement du cliquetis avec un capteur magnétique.

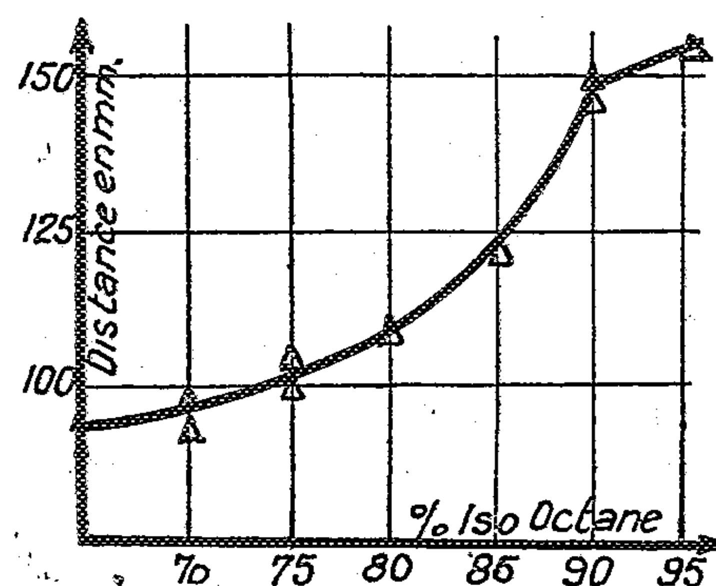


Fig. 2. — Distances entre la première vibration de cliquetis et le parasite d'allumage.

Un repère donne sur cette figure l'instant de l'allumage de la charge. Il nous est possible de mesurer avec précision sur le diagramme la distance qui sépare l'instant d'allumage de l'apparition du cliquetis. L'enregistrement étant effectué à vitesse de déroulement constante, cette distance est proportionnelle à la durée de la combustion normale. Celle-ci croît régulièrement avec l'augmentation de la proportion de l'isooctane dans le mélange (*fig.* 2).

Bien entendu, étant données l'instabilité du phénomène du cliquetis et sa variation d'un cycle à l'autre, il faut faire ces mesures de distance sur de nombreux enregistrements et prendre la valeur moyenne. Il est possible également de faire appel à la mesure du temps moyen avec des dispositifs électroniques.

(1) R. Vichnievsky, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 216.
(2) M. Graff, *Forschungbericht*, 1940, p. 1314.

Il y a tout intérêt à opérer à un taux de compression fixe pour classer les divers carburants, la durée de la combustion normale pouvant être reliée à la fraction du mélange brûlé ([3]), permet par différence de préciser l'énergie libérée d'une manière susceptible de produire la chute de puissance du moteur et sa détérioration. La classification des carburants par la méthode ASTM. C. F. R. ([4]) basée sur l'identité des indications de l'aiguille sauteuse au cours de l'accroissement du taux de compression pour les mélanges à forte proportion d'isooctane, conduit à comparer la combustion anormale de fractions différentes de la charge aux faibles et aux fortes compressions donnant lieu à des intensités de cliquetis différentes pour les mêmes indications de l'aiguille sauteuse. Car celle-ci ne donne pas d'indication proportionnelle à l'intensité du cliquetis, mais assure le contact d'un circuit électrique qui dure tant que les vibrations dépassent une certaine valeur. Pour la même durée de combustion normale aux taux de compression élevés, du fait de l'accroissement de la vitesse de combustion, la fraction brûlant anormalement se trouve réduite. Ceci a été constaté au cours de nos expériences. Effectivement, pour les mêmes indications de l'aiguille sauteuse, nous obtenons la même durée de combustion normale aux taux de compression 5 et 5,75 en utilisant les mélanges à 60 et 98 % d'isooctane, tandis que l'amplitude de vibration, qui est fonction de la charge brûlant anormalement, diminue lorsqu'on passe du taux de compression 5 au taux de compression 7,75 dans le rapport 4,2.

La présente méthode résout le problème de la classification des carburants sur un moteur réel, quel que soit le régime de ce moteur. Elle élimine les erreurs inhérentes aux méthodes basées sur la mesure des amplitudes de vibrations, erreurs provenant des inégalités de transmission aux parois et à la variation de sensibilité des amplificateurs électroniques.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'extraction de la chaleur terrestre.* Note de MM. **Georges** et **André Claude**, présentée par M. Albert Caquot.

La grande importance de l'énergie disponible à faible profondeur dans la couche terrestre accessible à nos moyens actuels nous a conduits à rechercher quelles étaient les caractéristiques nécessaires pour obtenir les résultats que nous prévoyions dans notre Note précédente dans le cas où l'aspiration de l'eau se ferait par le seul jeu de la perméabilité et où la masse sédimentaire ne reposerait pas sur un réseau fracturé non colmatable ([1]).

([3]) G. Rassweiler, *S. A. E. Journal*, 1938.

([4]) Méthode ASTM. D 357-47 (*ASTM. Manual of Engine Test Methods for Rating fuels*, 1948).

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1209-1210.

Un puits de 2^m de diamètre débite $1\ m^3$/sec. et capte les eaux sur 100^{km^2}. Sa profondeur est de 4000^m, et la poussée hydrostatique est de 160^m.

Si nous supposons, pour assurer un captage correct de la chaleur, que le puits ne permet la rentrée des eaux que sur le dixième de sa profondeur, soit sur 400^m, nous trouvons par les formules approchées classiques que dans un sol homogène de perméabilité k, le débit atteint environ $180\,000\,k$.

Remarquons que la trajectoire des filets liquides est indépendante de la perméabilité, et que par conséquent le captage méthodique de la chaleur s'opère dans les différents terrains homogènes de la même façon, mais la puissance par puits est proportionnelle à la perméabilité k.

Le débit de $1\ m^3$/sec. suppose $k = 5,5 . 10^{-6}$ d'après ce qui précède, et cette valeur correspond à un sable assez fin.

Dans l'argile le débit serait très faible avec une perméabilité de l'ordre de 10^{-10}, et le captage serait sans utilisation.

La création de grandes sources thermoartésiennes dans les conditions prévues est donc particulièrement réalisable soit dans un sol sableux, soit dans des roches fissurées, comme les calcaires, où la circulation des eaux est facile avec de faibles pertes de charge.

Les renseignements donnés par les forages à grande profondeur pour la recherche du pétrole seront particulièrement utiles pour définir la perméabilité des différentes couches rencontrées.

On sait que de telles caractéristiques sont calculées à partir des données expérimentales, aux niveaux successifs, par l'écoulement dans le sol de l'eau soit injectée, soit aspirée dans le puits, et ces mesures seront les éléments les plus sûrs pour établir les prévisions en vue du creusement du puits à grande section pour l'extraction de la chaleur terrestre.

ÉLECTRICITÉ. — *Effets réversibles de l'adsorption des gaz sur la conductibilité électrique des couches métalliques très minces*. Note (*) de M. **Nicolas Mostovetch**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cette Note contient quelques résultats relatifs à l'adsorption réversible des gaz par les couches métalliques très minces déposées sur un support bien dégazé dans un très bon vide ([1]).

Le résultat essentiel de notre étude est la mise en évidence d'une variation réversible de la résistance des dépôts métalliques non recuits en fonction de la quantité de gaz adsorbée. Cette variation n'est purement réversible qu'à condition que les pressions limites auxquelles sont soumis ces dépôts ne dépassent

(*) Séance du 23 mai 1949.

([1]) MM. E. Darmois, N. Mostovetch et B. Vodar, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 992-993.

pas 10^{-4} mm Hg. Pour une pression supérieure, il apparaît un autre phénomène d'adsorption irréversible. L'influence de l'adsorption sur la résistance des dépôts a été étudiée qualitativement pour différents gaz (air, N, O_2, H_2, CO_2) et pour les métaux : Mo, Pt, Rh, Ni, Au. *La résistance des dépôts à coefficient de température négatif diminue par l'adsorption des gaz et augmente réversiblement par libération des gaz adsorbés.* Au contraire, *la résistance des dépôts plus épais à coefficient de température positif augmente par adsorption des gaz et diminue par dégazage.* A basse température, le phénomène est encore plus accentué et l'adsorption est plus importante.

Voici les expériences qui nous ont amené à ces résultats :

1° Dans une ampoule on a préparé (*fig.* 1) sur les mêmes supports deux dépôts de Pt : un dépôt très mince (A) de résistance $1,25.10^8\ \Omega$ à coefficient de température $\Delta R/\Delta T < 0$ et un autre plus épais (B) de résistance $8,12.10^3\ \Omega$ à $\Delta R/\Delta T > 0$. Ces dépôts ont ensuite été soumis à une pression de 10^{-5} mm Hg

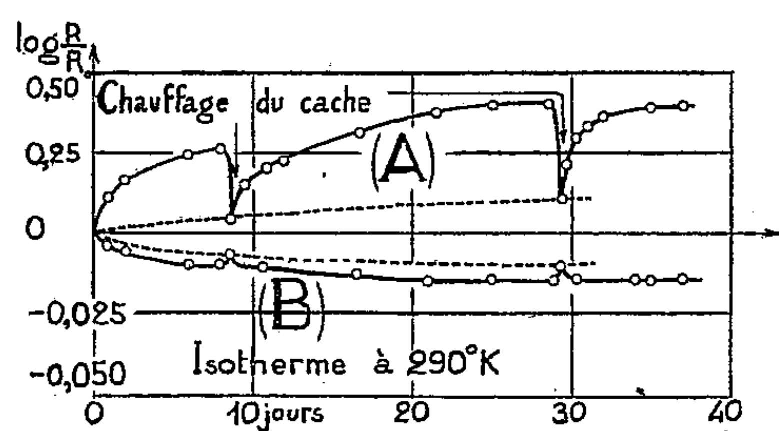


Fig. 1.

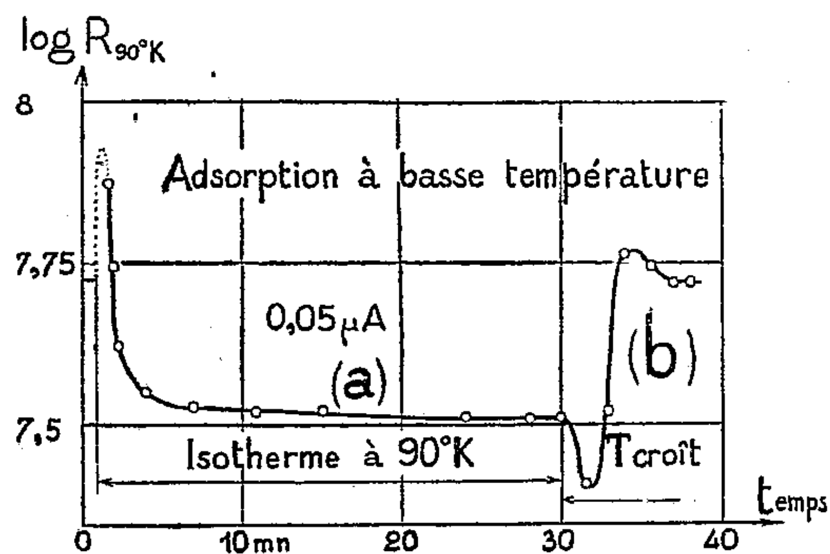


Fig. 2.

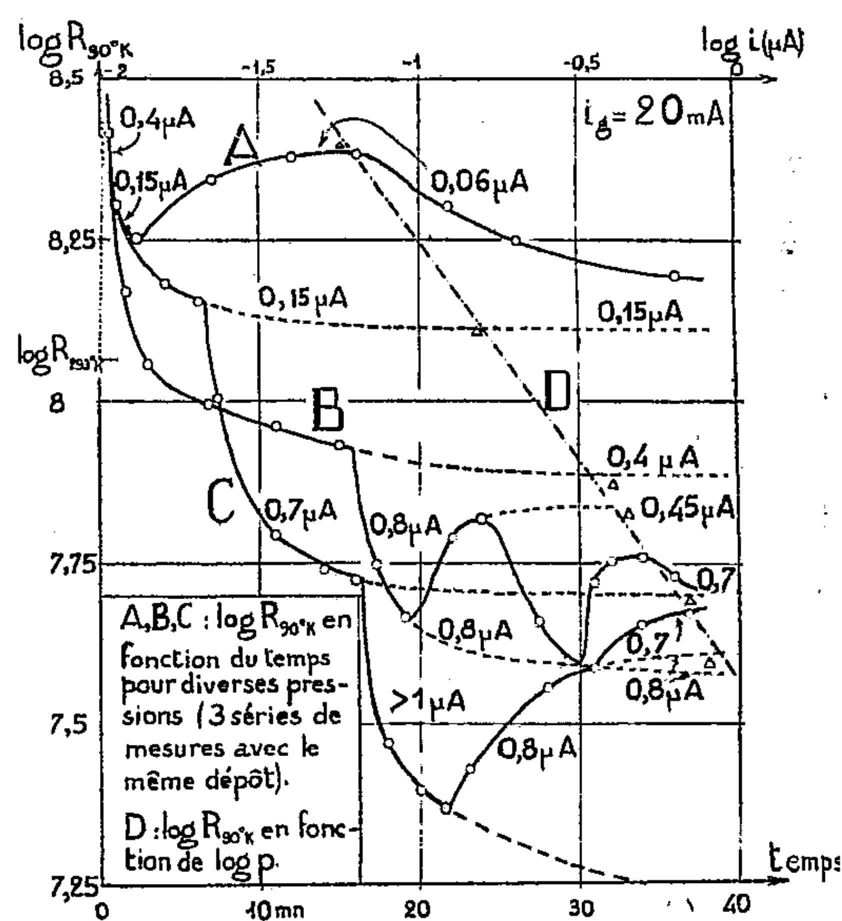


Fig. 3.

d'air, puis repompés à 10^{-7} mm Hg et scellés avec un getter au Ba. La résistance A, par suite de l'amélioration du vide augmente, alors que la résistance B diminue, et cela plus rapidement que leur évolution spontanée (lignes pointillées) ne le faisait prévoir. Chaque fois qu'on augmente la pression résiduelle dans l'ampoule par chauffage en haute fréquence d'un cache de Ni, la résistance A diminue et la résistance B augmente.

2° Les dépôts des métaux mentionnés ci-dessus, stabilisés au bout de quelque temps à température ordinaire, et refroidis ensuite à la température de O_2

liquide présentent une augmentation de R d'après la loi signalée [1]; mais ensuite (*fig.* 2, courbe *a*) l'adsorption des gaz résiduels provoque une diminution de la résistance avec une tendance vers un palier qui est fonction de la pression résiduelle. La vitesse initiale de diminution est d'autant plus grande que le vide est plus mauvais. En réchauffant assez vite le dépôt, on trouve une oscillation de sa résistance (*fig.* 2, courbe *b*) : première phase : augmentation de la température plus rapide que le dégazage; deuxième phase : dépôt privé de gaz sans avoir atteint son équilibre thermique avec la température ambiante. A la température ordinaire et à la pression initiale, on retrouve la même valeur de la résistance.

3° La figure 3 représente trois séries de mesures effectuées avec le même dépôt pour diverses pressions. L'ampoule, avec son dépôt, est soudée sur la canalisation où nous faisons varier la pression. Ces courbes ont un caractère dynamique, parce qu'il nous a été très difficile de maintenir la pression constante. Les traits noirs des courbes représentent les variations mesurées des résistances, et les lignes pointillées leurs variations extrapolées pour une pression donnée constante. Cette extrapolation est justifiée par la figure 2. Ce dépôt, maintenu à la température O_2 liquide, répond à chaque changement de pression. La droite (D), qui donne la variation de la résistance en fonction de la pression, rappelle une loi classique de l'adsorption; en effet, on trouve

$$\log R = - n \log p + \log b,$$

où n et b sont des constantes expérimentales.

Il est évident que ces résultats contribuent à une meilleure connaissance de la structure des couches minces et du mécanisme de leur conduction électrique. Comme conséquence pratique de ces phénomènes, on pourrait prévoir leur utilisation en technique du vide pour déceler, et même mesurer, des pressions très faibles (10^{-8} et peut-être au-dessous).

ÉLECTRONIQUE. — *L'effet de scintillation dans les diodes saturées.* Note (*) de M. **Luiz de Queiroz Orsini**, présentée par M. Camille Gutton.

La théorie de Mac Farlane [1] sur l'effet de scintillation (flicker effect) conduit, pour le carré moyen du courant de fluctuation dû à cet effet, à une loi de la forme

$$\overline{i_f^2} = C \frac{i^m}{\omega^n}, \qquad (1)$$

i étant le courant de saturation de la lampe, $\omega = 2\pi f$ la pulsation à laquelle on fait la mesure et C une constante; enfin, on doit avoir entre les exposants m et n, la relation $m - n = 1$.

(*) Séance du 23 mai 1949.

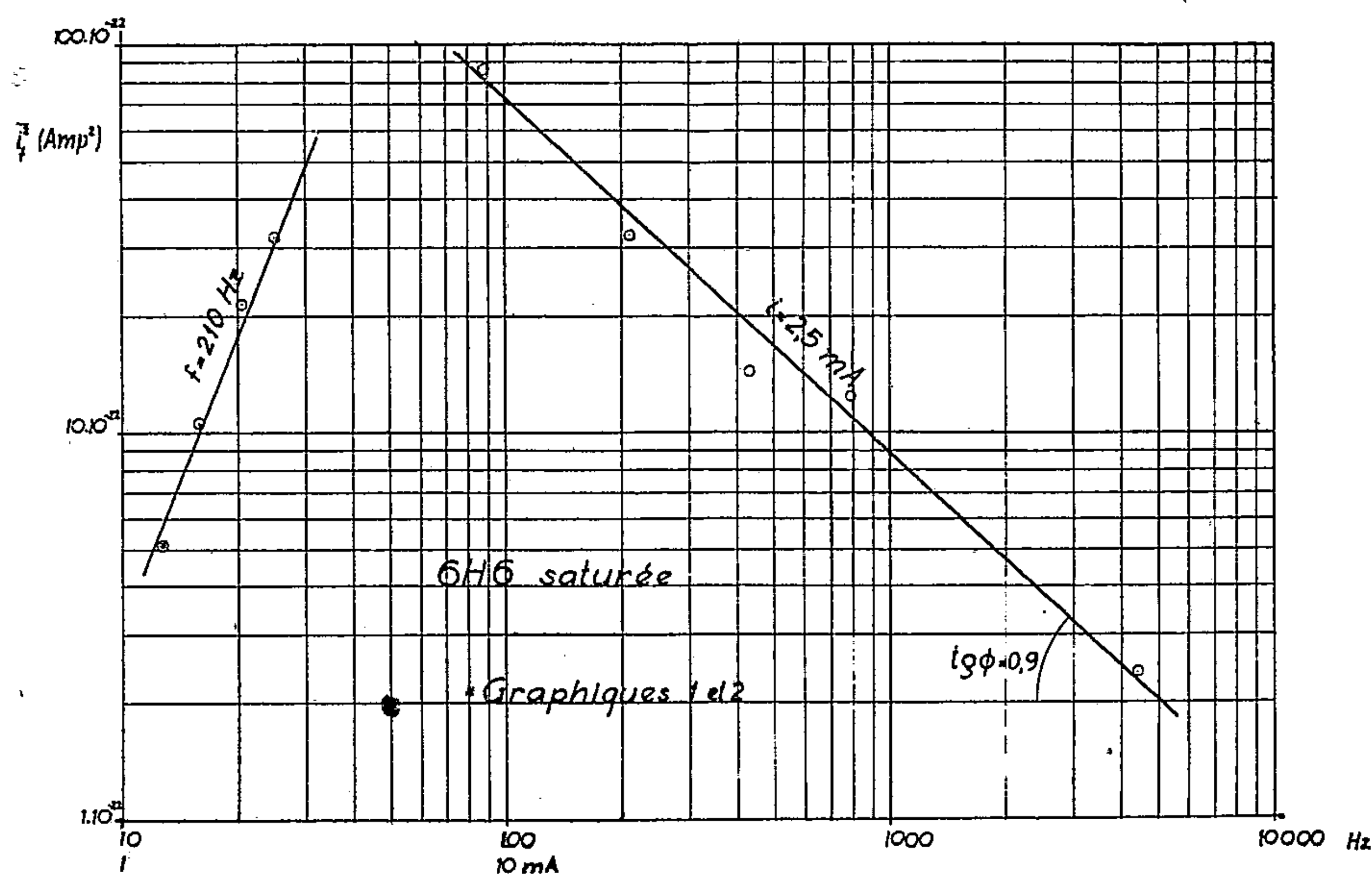
[1] *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 366-374.

D'après la théorie, cette expression doit être valable pour des courants i suffisamment grands et pour des périodes assez faibles vis-à-vis de la constante de temps du phénomène élémentaire qui cause l'effet de scintillation. Dans les cathodes à oxydes ce phénomène serait la variation du nombre d'atomes de Ba ou Sr à la surface de la cathode; cette variation étant due à des processus de diffusion de *centres d'impuretés* (clusters) de ces atomes vers la surface cathodique et de leur retour à l'intérieur de la cathode par électrophorèse.

Nous avons fait des expériences pour préciser les conditions dans lesquelles une formule du type (1) pourrait être valable. Pour cela, nous avons fait des mesures du courant de fluctuation des diodes en basse fréquence (depuis 4400 jusqu'à 87 Hz). Ce courant de fluctuation est considéré comme la résultante des effets de grenaille (shot effect) et de scintillation. Si l'on appelle i_s le courant de l'effet de grenaille, on aura

$$\overline{i_s^2} + \overline{i_f^2} = \overline{i_d^2}, \tag{2}$$

en supposant que les deux courants ne soient pas cohérents. $\overline{i_s^2}$ peut être évalué avec sécurité par la théorie, en utilisant la formule classique de Schottky; on peut donc évaluer $\overline{i_f^2}$, par différence entre la valeur mesurée $\overline{i_d^2}$ et la valeur théorique de $\overline{i_s^2}$.



Les résultats obtenus pour la 6H6 saturée sont représentés dans les graphiques 1 et 2, en coordonnées bi-logarithmiques.

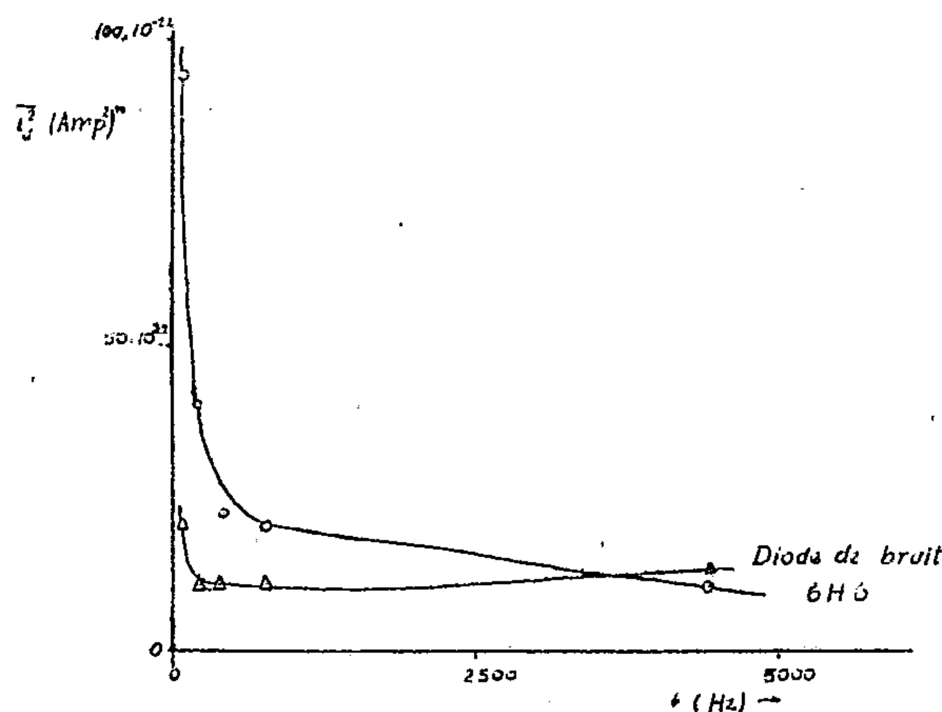
L'analyse de ces résultats nous conduit à la loi

$$\overline{i_f^2} = \mathrm{C}\,\frac{i^{2,5}}{\omega^{0,9}}$$

Au lieu de $m-n=1$, nous avons donc 1,6; mais la dispersion des points expérimentaux peut justifier une erreur de quelques dixièmes dans les exposants et l'on peut considérer que la théorie est vérifiée, en première approximation, dans les conditions envisagées.

Si, au contraire, le courant de saturation est de l'ordre du dixième de milliampère, l'expression (I) n'est plus valable.

Comme deuxième conséquence de sa théorie, Mac Farlane indique que la courbe de répartition spectrale des fréquences doit présenter un palier au-dessous de 400 Hz, encore pour les cathodes à oxydes. Cette conséquence n'est pas vérifiée dans nos expériences, ce qui, d'ailleurs, a été aussi confirmé par d'autres expérimentateurs ([2]) ([3]).



Graphique 3.

Pour mettre en évidence la variation de l'effet de scintillation avec le type de cathode nous comparons sur le graphique 3 les résultats des mesures du carré moyen du courant total de fluctuation $\overline{i_d^2}$ sur une cathode à oxyde (6H6) et sur une diode à filament de tungstène (diode de bruit des laboratoires LCT), les deux étant saturées. Les courants anodiques sont un peu différents et l'on ne peut comparer que l'allure générale des courbes, qui montre une très nette différence.

OPTIQUE. — *Sur les facteurs de réflexion, dans le support transparent sur le métal, de différents métaux en couches très minces.* Note de MM. **Pierre Rouard** et **Pierre Cotton**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous a montré que, lorsqu'on dépose de l'or, de l'argent ou du platine ([1]) en couche très mince sur un support transparent (verre ou quartz),

---

([2]) W. Graffunder, *Telefunken Röhre*, 5, 1939, p. 41.

([3]) E. J. Harris, *Electronic Eng.*, 20, 1948, p. 145-148.

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 869; 206, 1938, p. 1106 et 228, 1949, p. 1639; *Revue d'Optique*, 13, 1934, p. 73 à 79, et 17, 1938, p. 1 à 41.

la courbe donnant le facteur de réflexion R′, dans le milieu transparent sur le métal, en fonction de l'épaisseur du métal, passe par un minimum extrêmement faible, pour une épaisseur convenable de ce dernier.

Mais, tandis qu'avec les couches d'or et d'argent obtenues par projection cathodique la position de ce minimum varie avec la longueur d'onde de la radiation pour laquelle on mesure le facteur de réflexion, avec le platine il en va tout autrement. La position du minimum ne change pas alors avec la longueur d'onde, ce qui permet l'élimination de toutes les réflexions internes dans la lame support, grâce à une couche de métal de l'ordre de 25 Å déposée sur chacune des faces de cette lame.

Il était intéressant de voir si d'autres couches métalliques très minces ne présentaient pas des propriétés analogues.

Les couches très minces sont déposées par évaporation thermique sur une lame de verre prismatique (2 à 3 degrés). Entre la gouttière contenant le métal à vaporiser et la lame prismatique on interpose (tout près de cette dernière pour éviter les effets de pénombre) un disque tournant dont la surface est limitée par une spirale arithmétique.

En disposant convenablement les choses on peut ainsi obtenir une lame métallique d'épaisseur régulièrement croissante, les courbes d'égale épaisseur étant des droites parallèles à l'arête du prisme.

La lame prismatique utilisée est carrée. Elle a $4^{mm},5$ de côté. Un cache convenable empêche la métallisation d'une étroite bande de 2 à 3^{mm} de largeur disposée, parallèlement à une ligne de plus grande pente, au centre de la lame. On peut ainsi comparer le facteur de réflexion R′, dans le verre sur le métal, au facteur de réflexion dans le verre sur l'air pris comme étalon.

L'épaisseur de métal déposée varie linéairement, d'un bord à l'autre de la lame prismatique, de 0 à 100 Å environ.

Pour tous les métaux étudiés le facteur de réflexion dans le verre sur le métal R′ passe par un minimum extrêmement net pour une épaisseur de métal convenable.

L'épaisseur pour laquelle se produit ce minimum du facteur de réflexion R′ peut, pour un métal donné, être ou non fonction de la longueur d'onde de la radiation monochromatique pour laquelle on mesure ce facteur de réflexion. Les métaux étudiés peuvent être classés en deux groupes. Les uns, comme l'or, l'argent, le cuivre, le fer, obtenus par évaporation thermique, se conduisent comme l'or et l'argent cathodiques, c'est-à-dire que le minimum se produit pour une épaisseur différente suivant la longueur d'onde utilisée. Ils donnent par suite de vives couleurs lorsqu'un faisceau de lumière blanche se réfléchit dans le verre sur des couches d'épaisseurs voisines de quelques dizaines d'angströms. D'autres, comme l'aluminium, le beryllium, le zinc, le magnésium, se comportent comme le platine obtenu par projection cathodique, c'est-à-dire que le minimum du facteur de réflexion R′ se produit pour la même

épaisseur, quelle que soit la longueur d'onde de la radiation utilisée pour la mesure. Un faisceau de lumière blanche se réfléchissant dans ces conditions est considérablement affaibli, mais il l'est pratiquement de la même façon pour toutes les radiations.

L'élimination des réflexions internes dans une lame de verre peut donc se faire, avec l'un quelconque de ces métaux, sans sélectivité. Les couches d'épaisseur convenable pour cette opération sont d'ailleurs très adhérentes, surtout dans le cas de l'aluminium.

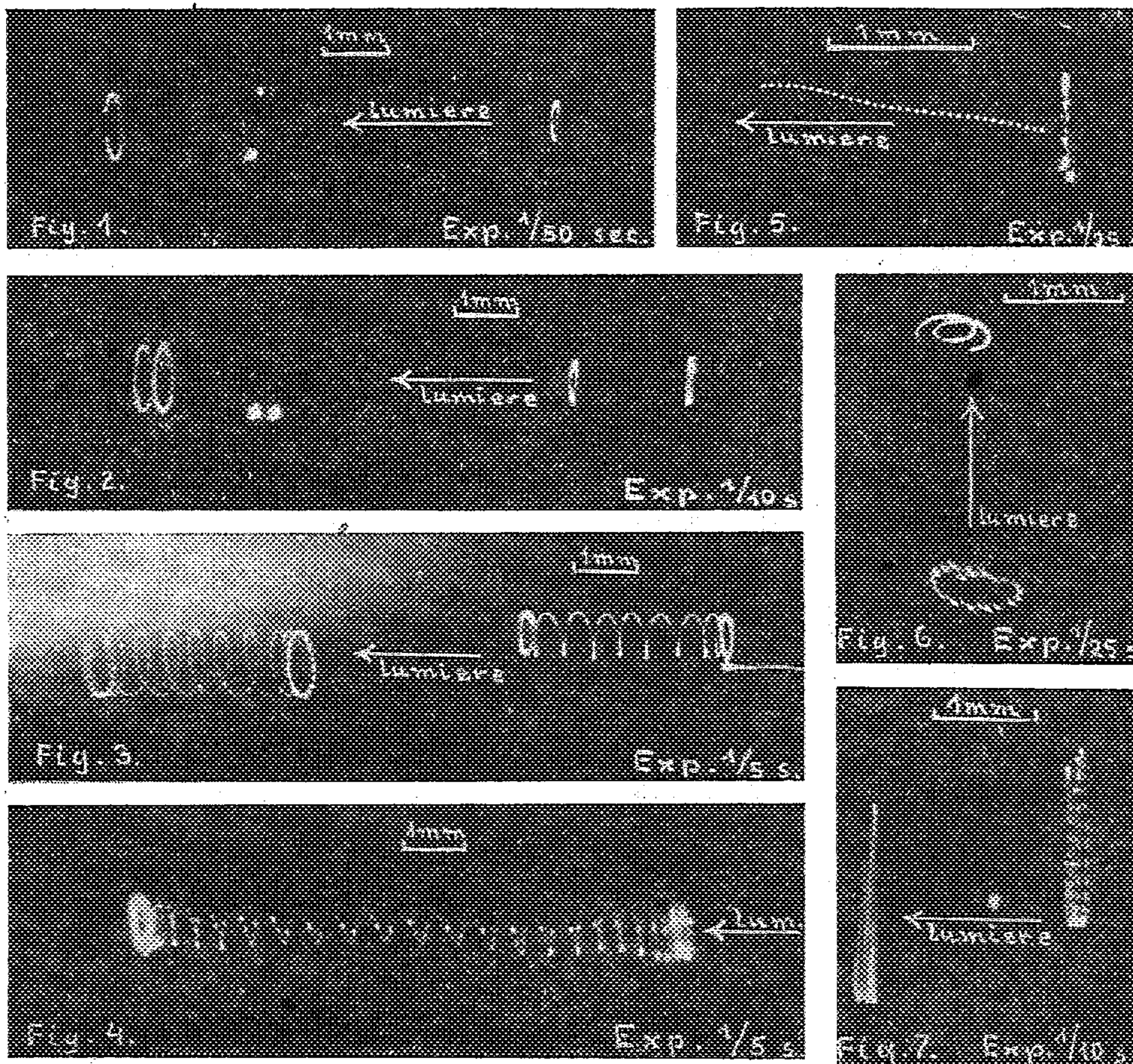
OPTIQUE. — *De la photophorèse et d'un effet de la lumière solaire provoquant une rotation de la matière dans le vide.* Note de MM. **Félix Ehrenhaft** et **Ernst Reeger**, présentée par M. Aimé Cotton.

Photophorèse. — On l'observe dans différents gaz même dans les gaz rares, pour des pressions allant de 2^{mm} Hg jusqu'à 30^{atm} et aussi dans les liquides. Souvent les particules suivent des trajectoires hélicoïdales régulières, même s'il s'agit de particules sphériques ou de gouttelettes, les fréquences allant jusqu'à 200 p/sec, fréquence qui dépend beaucoup de l'intensité de la lumière et de celle du champ magnétique superposé. Par contre E. Reeger et indépendamment E. Votava ont constaté dans notre Institut que si l'on modifie, avec une préparation radioactive, l'état électrique d'une particule, sa trajectoire reste inchangée même si la charge change de signe. Lorsque le sens du mouvement change, les trajectoires hélicoïdales conservent leur sens droit ou gauche.

Nouvelle série d'expériences. — Nous allons décrire maintenant une nouvelle série d'expériences exécutées avec les moyens les plus simples et très faciles à reproduire. On a un récipient constitué par une ampoule de lampe à incandescence où l'on peut répandre un nuage de poudre. On a employé d'abord de la poudre noire de graphite purifié Azid, d'Eimer et Amend, New-York (diamètre approximatif des grains : 10^{-3} cm), mais on a employé aussi depuis des poudres de fer et aussi d'*Hæmoglobinum pulvis* (de E. Merck, Darmstad). On emploie la lumière solaire, (héliostat ou soleil direct) : le faisceau est concentré par une lentille de 20^{cm} de diamètre et de 10^{cm} de foyer. L'observation peut être faite à l'œil nu ou à la loupe.

Outre des particules à trajectoires hélicoïdales, à photophorèse positive ou négative, on en a observé alors certaines qui aussi bien en faisceaux lumineux horizontal que vertical se déplacent sur une trajectoire circulaire stationnaire ne coïncidant jamais avec le foyer du faisceau et ce des heures durant aussi longtemps que l'intensité de la lumière n'est pas modifiée. Les plans des trajectoires sont normaux à la direction de propagation de la lumière (*fig.* 1, 5, 6). Les diamètres des trajectoires varient de $0^{mm},1$ à $0^{mm},3$, les fréquences de 3 à 200 t/sec. La figure 2 montre deux photos des deux trajectoires de la figure 1, la deuxième a été faite avec une intensité sensiblement plus faible,

de sorte que les deux trajectoires apparaissent déplacées vers la droite ; la figure 4 montre pour le même cas le passage d'une position d'équilibre à une autre. La figure 3 montre les deux mêmes cercles que les figures 1 et 2. Pendant la prise de vue, l'appareil a été un peu déplacé, de sorte que les deux trajectoires apparaissent étirées en hélices de sens contraires ; sur la figure 5 on



peut voir une troisième particule se déplaçant sous l'effet de la photophorèse au voisinage d'une trajectoire circulaire. Le mouvement des particules sur leurs trajectoires s'accompagne soit d'une rotation autour d'un axe propre, soit d'un mouvement hélicoïdal autour de la trajectoire. Parfois les trajectoires ont des formes plus compliquées. Les courants de convection et les autres perturbations de l'atmosphère de la chambre d'observation n'interviennent pas.

Ces résultats peuvent s'observer pour des pressions de l'ordre de 10^{mm} Hg (*fig.* 3, 4, 6) jusqu'à 1^{mm} Hg. Pour des vides de $0^{mm},1$ à $0^{mm},001$ de Hg les particules tombant dans le faisceau horizontal sont rejetées hors de celui-ci vers le haut. Elles oscillent de quelques minutes à quelques secondes près du bord

supérieur du faisceau (*fig.* 7). A la pression de 8.10^{-5} mm Hg on observe encore par la microphotographie des particules montrant de la photophorèse positive ou négative (¹). La photomicrographie permet aussi de mettre en évidence pour de telles pressions l'effet de rotation imprimé aux particules par la lumière, même si le faisceau est vertical.

OPTIQUE. — *Analyse spectrale de raies réfléchies sélectivement. Structure de la composante hyperfine* B*c de la raie* λ 2537 *du mercure*. Note (*) de MM. JEAN-LOUIS COJAN et ROBERT LENNUIER, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente (¹) nous avons indiqué le principe d'une méthode d'analyse spectrale fine utilisant le phénomène de la réflexion sélective d'une raie de résonance, et décrit le montage correspondant. Nous donnons ici les résultats obtenus avec la composante hyperfine X 202 de la raie λ 2537 du mercure, puis avec la composante B*c* de cette raie.

1. Les figures 1 et 2 concernent la réflexion sélective de la composante hyperfine X 202. Le champ magnétique (dont les valeurs H sont portées en abscisses) appliqué à la cuve réfléchissante C_1, déplace de $x = 4{,}15.10^{-3}$ H mÅ le centre hyperfin λ_0. Soit I(H) l'intensité reçue après réflexion pour la valeur H du champ, I_∞ l'intensité reçue lorsque H est assez grand pour que $\lambda_0 + x$ se trouve à l'extérieur du profil spectral du rayonnement incident; on a porté en ordonnées les quantités $[(I(H) - I_\infty]/I(0)$.

La figure 1 présente les courbes obtenues avec une seule réflexion sélective : celles-ci donnent donc l'analyse, par la raie réfléchie sur C_1, du profil spectral incident. Les pressions de la vapeur de mercure dans C_1 étaient fixées par les températures suivantes :

Courbes	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Températures (°C)	183	175	170	155	140	115

Au-dessous de 140° la réflexion dans C_1 est assez fine pour n'introduire aucun élargissement notable. V représente donc le profil spectral vrai de X 202 à la sortie du filtre magnétique qui l'isole; on y reconnaît les caractères indiqués précédemment (²). La courbe VII donne la comparaison avec un profil Doppler d'agitation thermique, calculé pour la température de la source ($\Delta\lambda_D/2 = 1{,}2$ mÅ).

(¹) Pour certaines de ces particules on a observé des vitesses rectilignes d'environ 50 cm/sec et des fréquences allant jusqu'à 5000 par seconde.

(*) Séance du 23 mai 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1409.

(²) J.-L. COJAN et R. LENNUIER, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 670.

La figure 2 reproduit les courbes obtenues après deux réflexions sélectives successives; ces courbes représentent donc les profils spectraux de X 202 après réflexion sélective sur la cuve C_2, analysés par la réflexion sélective sur C_1.

Les conditions étaient :

Courbes...........	I.	II.	III.	IV.	V.
Température de C_1 (°C)..	168	145	145	148	145
» de C_2 (°C)..	178	185	173	154	145

Le décalage de 0,25 m Å vers les courtes longueurs d'onde du maximum de chaque courbe, paraît traduire les variations très dissymétriques du facteur de réflexion de part et d'autre de λ_0. Du côté grandes longueurs d'onde un

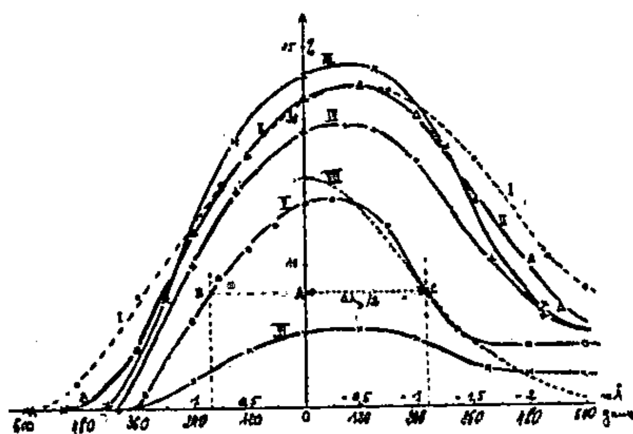


Fig. 1.

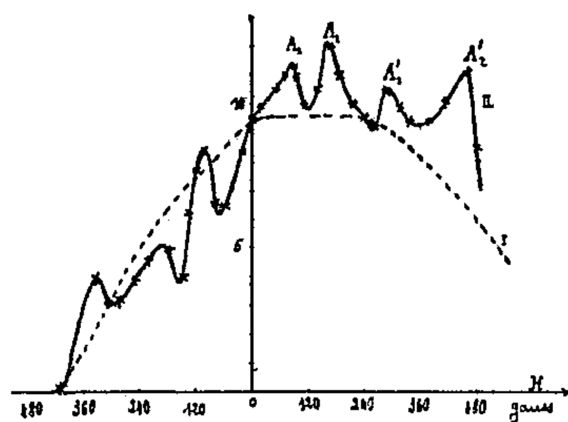


Fig. 3.

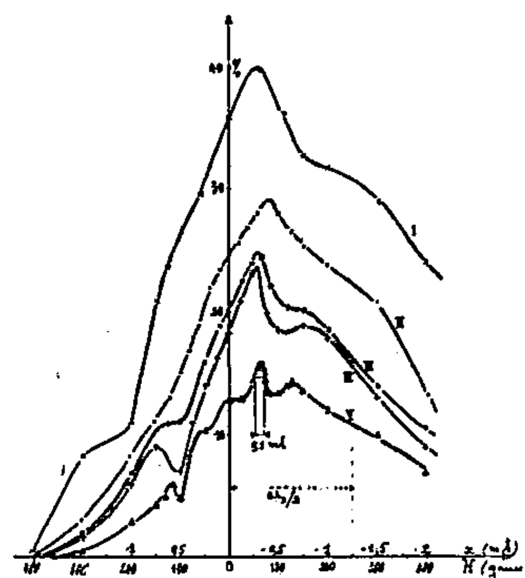


Fig. 2.

minimum accuse l'existence du point de réflexion quasi nulle. On note la finesse du maximum lorsque la pression est assez basse : sur la courbe V la pointe d'intense réflexion a une largeur de 0,1 m Å; l'élargissement est progressif lorsque la pression augmente. Ces courbes établissent la finesse de cette méthode d'analyse lorsque la pression est maintenue basse.

2. Nous avons appliqué cette méthode à la composante hyperfine B*c* de la raie 2537 Å, isolée par filtre magnétique. Cette composante est formée par la superposition d'une raie B due à l'isotope 199 (83 % de l'intensité de la composante) et d'une raie *c* due à l'isotope 201 (17 %). Les deux raies B et *c* n'avaient jamais été séparées jusqu'ici ([3]). Le spin nucléaire provoque ici une

([3]) H. Schüler et J. E. Keyston, *Zeits. f. Phys.*, 72, 1931, p. 433.

décomposition Zeeman complexe. B donne deux paires σ_1 et σ_2 avec des écarts respectivement égaux à 5/3 (intensité 1) et 1 (intensité 3), l'écart normal étant pris pour unité (pour X 202 rappelons que l'écart x donné ci-dessus est 3/2 fois l'écart normal). Le rôle de B est prépondérant dans l'analyse (intensité forte). La courbe I, figure 3, donne l'analyse du profil du rayonnement incident (C_1 à 155°). La courbe II donne l'analyse par la réflexion sur C_1 (155°) du rayonnement réfléchi sélectivement sur C_2 (165°).

Les maxima A_1 et A_2 correspondent à l'analyse de la composante B par elle-même (cas de la figure 2 mais avec le dédoublement dû aux deux composantes σ_1, σ_2); les champs pour lesquels on obtient A_1 et A_2 sont sensiblement dans le rapport 1 à 5/3. La présence des deux autres maxima A'_1 et A'_2 (obtenus encore pour des champs dans le rapport de 1 à 5/3) indique que *les composantes* B *et c ne sont pas confondues*; A'_1 et A'_2 correspondent à l'analyse de c par σ_1 et σ_2 de B. On obtient la valeur de l'écart Bc en calculant les déplacements des composantes σ_1 et σ_1 lorsqu'on passe de A_1 à A'_1 d'une part (200 gauss) et de A_2 à A'_2 d'autre part (300 gauss). On trouve 0,9 mÅ par le déplacement de σ_1 et 0,85 mÅ par le déplacement de σ_2. Nous devons donc conclure que c se trouve à environ 0,9 mÅ de B, du côté des courtes longueurs d'onde. Dans la raie d'émission de la source, les deux profils Doppler centrés sur B et c se chevauchent et ne sont pas séparables.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Étude expérimentale de la polarisation des raies Raman du thiosulfate de sodium en solution dans l'eau et cristallisé.* Note de Mme **Colette Vassas-Dubuisson**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le thiosulfate $Na_2S_2O_3$ cristallise à température ordinaire avec 5mol d'eau dans la classe holoèdre du système monoclinique. Un monocristal obtenu par évaporation a été taillé en parallélépipède rectangle dont les arêtes sont parallèles aux axes de l'ellipsoïde des indices.

La solution de thiosulfate étudiée était à température ambiante et saturée à cette température.

La solution comme le cristal étaient éclairés en lumière naturelle fournie par un arc au mercure. Un biréfringent placé sur le faisceau diffusé séparait les composantes I et i.

Tableau I.

$\Delta\nu$ cm^{-1}..........	335	390	448	533	675	1002	1052	1132
Intensité.........	m(d)	tf	TF	f(d)	F(d)	F	tf	m(d)
Largeur cm^{-1}.....	40	–	–	–	70	–	–	80
Polarisation......	D	D	P	–	P	P	D	D
ρ...............	–	–	0,3	0,5	0,1	0,25	–	–

f : faible, m : moyenne, F : forte, d : diffuse.

Le tableau I donne les raies observées dans le spectre de diffusion de la

solution : leur fréquence $\Delta\nu$ en cm^{-1}, leur intensité, leur largeur en cm^{-1} lorsqu'elles sont particulièrement larges, leur état de polarisation (D : complètement dépolarisées) et le facteur de dépolarisation $\rho = i/I$ lorsque celui-ci est différent de 0 ou 6/7.

Le cristal immergé dans le benzène pour éviter son altération rapide à l'air, a été disposé suivant les six orientations différentes possibles qui amènent les arêtes *oxyz* du cristal en coïncidence avec un trièdre fixe OXYZ (OX faisceau incident, OY faisceau diffusé, OZ vertical). Le tableau II donne les fréquences des principales raies observées dans le spectre de diffusion du cristal, séparées en fréquences internes et externes d'après les résultats obtenus pour la solution.

TABLEAU II.

Fréquences externes cm^{-1}	32	38	51	70	75	90	95	104	120	163	237	262
Fréquences internes cm^{-1}	325	347	379	438	547	554	628	640	680	1020	1120	1165

La mesure des intensités des composantes I et i de toutes ces raies dans les six cas possibles permet de calculer les facteurs de dépolarisation et d'en déduire les tableaux d'intensités ou tableaux dont les termes sont les carrés (à un coefficient près) des termes du tenseur dérivé des polarisabilités. Le trièdre fixé au cristal a été choisi tel que *oz* coïncide avec l'axe binaire du cristal, le plan *xoy* étant alors plan de symétrie. Voici présentés schématiquement quelques-uns de ces tableaux.

30 cm^{-1}.	38 cm^{-1}.	51 cm^{-1}.	70 cm^{-1}.	75 cm^{-1}.	95 cm^{-1}.	104 cm^{-1}.	120 cm^{-1}.
★ o o	o o ★	o o ★	o o ★	★ ★ o	o o ★	★ ★ o	★ ★ o
o ★ o	o o ★	o o ★	o o ★	★ ★ o	o o ★	★ ★ o	★ ★ o
o o ★	★ ★ ★	★ ★ o	★ ★ o	o o o	★ ★ o	o o ★	o o o

325 cm^{-1}.	347 cm^{-1}.	379 cm^{-1}.	438 cm^{-1}.	680 cm^{-1}.	1020 cm^{-1}.	1120 cm^{-1}.	1165 cm^{-1}.
o o ★	★ ★ o	o o ★	★ ★ ★	★ o o	★ ★ ★	o o ★	★ ★ o
o o ★	★ ★ o	o o ★	★ ★ ★	o ★ o	★ ★ ★	o o ★	★ ★ o
★ ★ ★	o o o	★ ★ ★	★ ★ ★	o o ★	★ ★ ★	★ ★ ★	o o ★

Le signe ★ désigne un élément non nul du tableau.

De l'examen de ces tableaux on peut déduire que les vibrations de fréquence 30, 75, 104, 120, 347, 680, 1165 cm^{-1} sont symétriques par rapport au plan de symétrie, tandis que les vibrations de fréquence 51, 70 et 95 cm^{-1} sont antisymétriques; mais on ne peut rien en déduire sur la symétrie des autres vibrations. On peut supposer pour certaines d'entres elles une dégénérescence accidentelle ou un dédoublement inobservable (1).

---

(1) A. KASTLER, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 167.

Quant au spectre de diffusion de la solution, il suscite les remarques suivantes :

La raie de fréquence 675 cm^{-1} correspondant à une vibration totalement symétrique de l'ion S_2O_3 est d'une largeur anormale pour une raie de ce type.

Quoique les fréquences observées soient très voisines de celles que l'on observe avec l'ion SO_4, la présence dans le spectre d'un nombre de raies supérieur à 6 permet d'émettre quelques doutes sur la symétrie ternaire attribuée jusqu'ici à l'ion S_2O_3 (2).

Une étude plus détaillée des spectres présentés plus haut et des renseignements qu'on peut en tirer sur la structure des thiosulfates sera publiée ultérieurement.

SPECTROSCOPIE. — *Sur de nouvelles raies des séries secondaires du spectre du potassium et l'existence probable de perturbations dans les termes élevés de ces deux séries.* Note (*) de Mme **Antoinette de Vaucouleurs** et M. **Louis Glaser**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude d'un cliché pris à l'aide d'un spectrographe à deux prismes de flint (*f*/4,5), construit par l'un de nous, donnant une dispersion de 26 Å/mm vers 4750 Å environ (lampe Osram, plaque Ilford, pose 1 heure), a permis l'identification de nouveaux doublets de KI dans les deux séries secondaires.

Les longueurs d'onde ont été déterminées à l'aide de la formule de Hartmann, avec les corrections usuelles, par rapport aux raies déjà mesurées par S. Datta (1), auxquelles se réfèrent les Ouvrages récents (2), (3).

Ces mesures allaient jusqu'à la transition $4\,^2P_{3/2,\,1/2}-11\,^2D_{5/2,\,3/2}$, pour la série D, et $4\,^2P_{3/2,\,1/2}-13\,^2S_{1/2}$, pour la série S.

Les doublets nouvellement mesurés sont les suivants :

4P — 12D...	4722,84	4709,99	4P — 15D...	4658,73	4646,22
— 13D...	4696,18	4683,47	— 16D...	4645,26	4632,83
— 14D...	4675,34	4662,74	4P — 14S...	4720,16	4707,32

Les calculs ont conduit de plus à la détermination précise :

1° De la limite commune aux deux séries

$$A_{(\text{vide})} = 21\,993,53 \pm 0,06 \text{ (e. p.) } cm^{-1};$$

(2) Mme R. Duval et M.-J. Lecomte, *ibid.*, 213, 1941, p. 998.

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, 99, 1921, p. 69.

(2) R. F. Bacher et S. Goudsmit, *Atomic Energy States*, 1932, p. 245.

(3) G. R. Harrison, M. I. T., *Wave-Length Tables*, New-York, 1939.

2° De l'écart des doublets

$$\Delta\nu = 57,79 \pm 0,08 \text{ (e. p.) cm}^{-1}.$$

Les écarts des deux derniers doublets (série D) mesurés par S. Datta s'écartant de 2 à 3 cm⁻¹ de la moyenne, nous indiquons ci-après nos propres valeurs,

4P — 10D : 4 804,76, 4 791,46; 4P — 11D : 4 757,73, 4 744,69.

Une représentation convenable des doublets des deux séries n'a pu être obtenue avec une formule de Ritz, encore moins avec une formule de Rydberg. On a d'abord été conduit à adopter la formule suivante, relative aux raies moyennes,

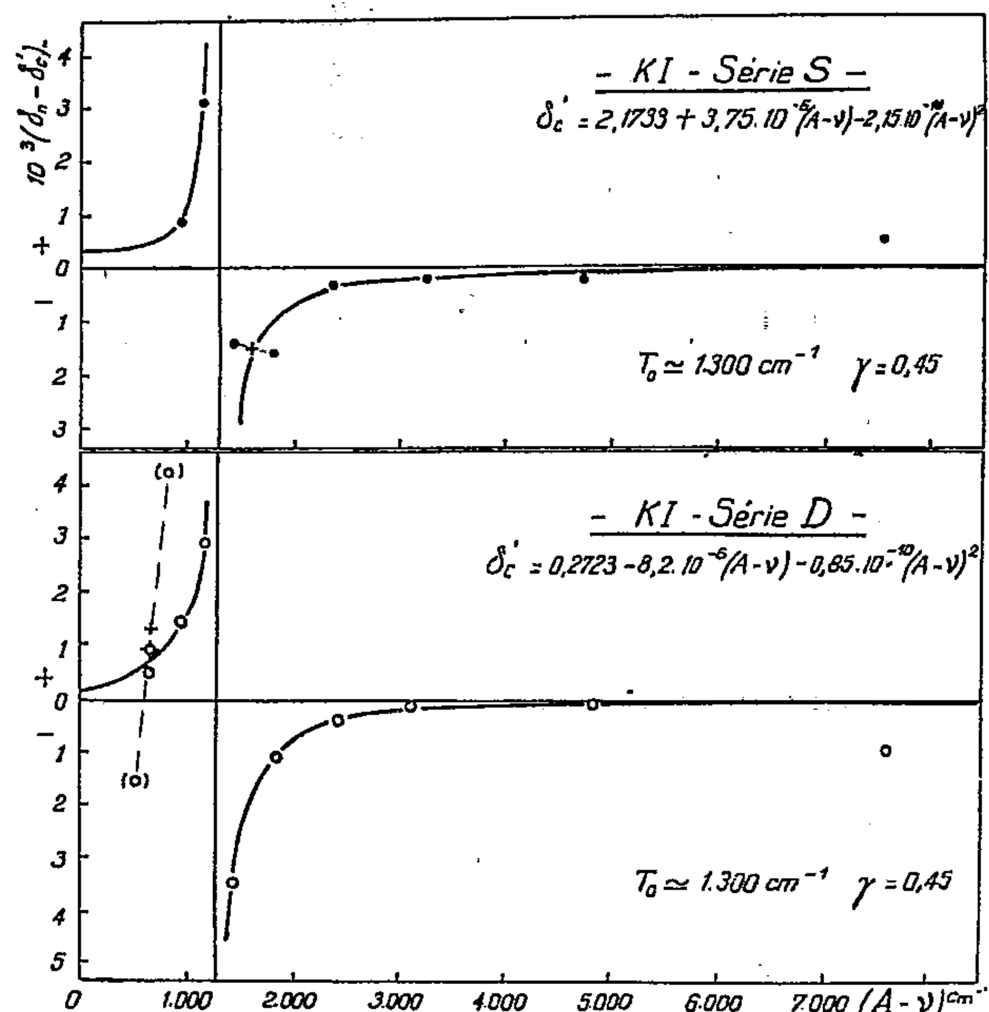
$$(1) \qquad \bar{\nu} = A - \frac{R}{(n - \delta'_c)^2} \qquad \text{avec} \quad \delta'_c = \delta_0 + \alpha(A - \bar{\nu}) + \beta(A - \bar{\nu})^2$$

(A, limite commune aux deux séries; $R_K = 109\,735,92$ cm⁻¹).

Néanmoins les écarts par rapport à cette formule font apparaître (*voir* figure) la nécessité d'un quatrième terme d'allure hyperbolique, dans l'expression du défaut quantique δ'_c qui deviendrait alors

$$(2) \qquad \delta_c = \delta_0 + \alpha(A - \bar{\nu}) + \beta(A - \bar{\nu})^2 + \frac{\gamma}{T_0 - T_n},$$

en adoptant une relation analogue à celle qui convient généralement pour les perturbations des atomes à plusieurs électrons lumineux. La figure ci-jointe



donne pour les deux séries diffuse (D) et étroite (S), la différence $\delta_n - \delta'_c$ en fonction de (A — ν). Les deux courbes conduisent sensiblement à une même

valeur du terme perturbateur, soit $T_0 = 1300 \pm 50\,cm^{-1}$, ainsi qu'à celle de $\gamma = 0,45$.

Avec la formule (2) pour l'expression du défaut quantique nous obtenons, pour l'ensemble des raies mesurées par S. Datta et nous-mêmes (série D : $n = 4$ à 16; série S : $n = 6$ à 14), un écart moyen, par rapport aux longueurs d'onde observées, de 0,42 Å pour la série D (où en rejetant deux valeurs aberrantes : 0,16 Å) et 0,17 Å pour la série S.

Jusqu'à présent il ne semble pas que l'existence de perturbations dans les séries des termes des atomes à un seul électron lumineux ait été considérée comme possible par les théoriciens, et leur présence ne paraît pas avoir été remarquée par les expérimentateurs ([1]).

De nouvelles mesures, avec une plus grande dispersion, sur le potassium et les alcalins supérieurs seront prochainement entreprises en vue de confirmer et préciser ces premiers résultats.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur un dispositif de mesure de l'effet Kerr par impulsions électriques isolées.* Note (*) de M. **Henri Benoit**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de l'effet Kerr dans les solutions colloïdales ou macromoléculaires soumises à un champ alternatif ou continu présente de sérieuses difficultés quand le milieu est conducteur, ce qui est fréquemment le cas. Pour éviter cet inconvénient, nous avons réalisé un dispositif tel que la solution soit soumise à un champ électrique constant pendant un temps suffisamment court pour que les perturbations dues à l'effet Joule soient négligeables.

Sous l'influence de ce champ le milieu acquiert une biréfringence Δn; mais son apparition et sa disparition ne sont pas instantanées. L'étude de la grandeur et de la variation de Δn en fonction du temps permet non seulement de mesurer la constante de Kerr, mais aussi, comme nous le verrons plus tard, de déterminer la grandeur de la constante de diffusion brownienne de rotation des particules et de déceler si celles-ci portent ou non un moment permanent.

Réalisation du dispositif. — La cuve de Kerr étant placée entre nicols croisés, la biréfringence provoque l'apparition de la lumière. Le faisceau transmis est reçu par une cellule photoélectrique, dont le courant, amplifié, est enregistré par un oscillographe cathodique à deux faisceaux, ce qui permet de photographier simultanément la tension aux bornes de la cuve de Kerr et la réponse de la cellule photoélectrique.

Les électrodes sont constituées par deux lames épaisses en acier inoxydable,

([1]) A. G. Shenstone et H. N. Russell, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 415.

(*) Séance du 23 mai 1949.

optiquement planes, et séparées par un intervalle pouvant varier entre 0,2 et 3^{mm}. La longueur des électrodes est de 10^{cm}.

Pour obtenir des impulsions de tension comprises entre 0 et 2 kilovolts, on utilise un interrupteur à électrodes en cuivre recuit fonctionnant dans le vide. Cette précaution élimine les étincelles et la durée d'établissement et de rupture du contact est de l'ordre de 10^{-6} seconde. L'interrupteur est commandé par un moteur et fournit une impulsion dont la durée, que l'on peut modifier, est supérieure à 10^{-3} seconde.

Le moteur commande en même temps la polarisation du Wenhelt de l'oscillographe. Au repos les faisceaux sont éteints et ils ne s'allument que pendant un cours laps de temps encadrant l'impulsion de tension aux bornes de la cuve. Cela permet de photographier commodément les deux courbes qui apparaissent sur l'écran et qui correspondent à l'impulsion unique de l'expérience. La cellule photoélectrique est une cellule multiplicatrice d'électrons (R. C. A. 1 P 28). Son courant anodique est amplifié par un amplificateur symétrique à courant continu et à un étage. La sortie de l'amplificateur qui a une large bande passante est reliée directement aux bornes de l'oscillographe. L'ensemble est réalisé de façon à transmettre sans les déformer des variations rapides d'intensité lumineuse.

Mesure de la constante de Kerr et du temps de relaxation. — L'amplitude δ du déplacement vertical du spot (perpendiculairement à la direction de balayage) est liée à la biréfringence Δn du milieu par la relation

$$\delta = \mathrm{K} \sin^2 \pi \frac{l \Delta n}{\lambda},$$

K étant une constante dépendant de l'intensité de la source lumineuse et du facteur d'amplification des circuits; l la longueur des électrodes et λ, la longueur d'onde moyenne de la lumière utilisée. Pour étalonner l'appareil on mesure K par le procédé suivant : on interrompt périodiquement le faisceau lumineux au moyen d'un disque tournant. La déviation δ' du spot de l'oscillographe est liée à l'angle α dont on a fait tourner le nicol analyseur à partir de sa position d'extinction par la relation :

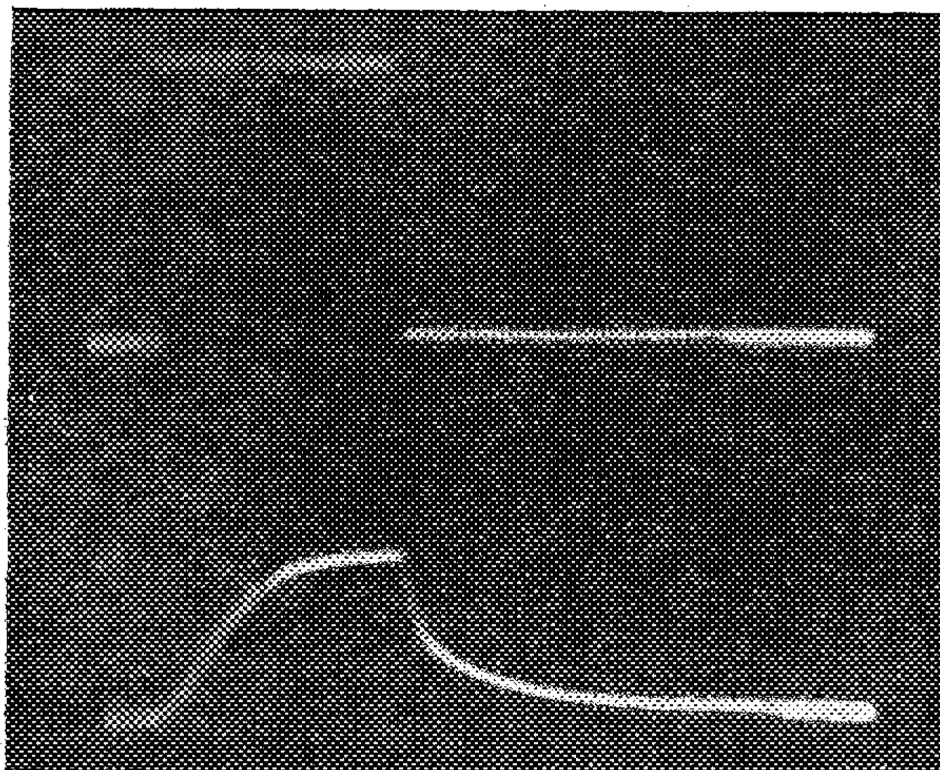
$$\delta' = \mathrm{K} \sin^2 \alpha,$$

ce qui permet de mesurer K.

Cette installation permet de mesurer des biréfringences correspondant à des différences de chemin optique de 5.10^{-4} seconde et des temps de relaxation dont la limite inférieure est 5.10^{-5} seconde.

La photographie ci-après représente le résultat obtenu avec une solution d'acide thymonucléique à 0,025 %. Le champ électrique, dont la variation au cours du temps est représentée par la courbe supérieure, est de l'ordre de 200 volts/cm. La courbe de réponse (partie inférieure du cliché), montre que

les particules provoquant la biréfringence ont un temps de relaxation considérable (temps de balayage, 0,04 seconde).



Nous montrerons, dans une prochaine Note, comment, à partir d'une telle courbe, on peut calculer la constante de diffusion de rotation des particules et déterminer si ces dernières portent un moment dipolaire permanent.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Obtention de germes cristallins orientés par le champ magnétique. Sulfates de la série magnésienne.* Note de M. **Jean Blandin**, présentée par M. Aimé Cotton.

En faisant cristalliser sur une lame de verre sous l'action d'un champ magnétique des solutions de concentration convenable, j'ai obtenu des germes cristallins orientés; les préparations fournissent par leur examen au microscope polarisant des renseignements concernant les ellipsoïdes optique et magnétique des cristaux étudiés.

Les corps que j'ai traités par ce procédé m'ont fourni des germes cristallins orientés dans un champ magnétique horizontal de 15000 gauss. C'est le cas, par exemple, des corps suivants : acide tartrique, tartrates de potassium, sodium, ammonium, sel de Seignette, phosphates monoammonique et monopotassique, nitrates de sodium, potassium et d'argent, chromate et ferricyanure de potassium, bicarbonate de sodium, naphtalène, acide picrique, etc. J'ai étudié par cette méthode l'action du champ magnétique sur les sulfates simples et doubles de la série magnésienne.

Considérons d'abord les sulfates orthorhombiques du type $SO_4M, 7H_2O$, où $M = Mg$, Zn, Ni. Par orientation dans le champ, on obtient des préparations du type de la figure 1. Les cristaux obtenus pour les trois sulfates sont allongés dans une direction perpendiculaire au champ magnétique. Ils

s'éteignent, entre nicols croisés, lorsque la direction du champ, ou la direction de leur plus grande longueur coïncide avec la direction de la vibration lumineuse provenant du polariseur. En conclusion, les trois sulfates ont leur axe de plus grande perméabilité magnétique perpendiculaire à leur direction de plus grande croissance.

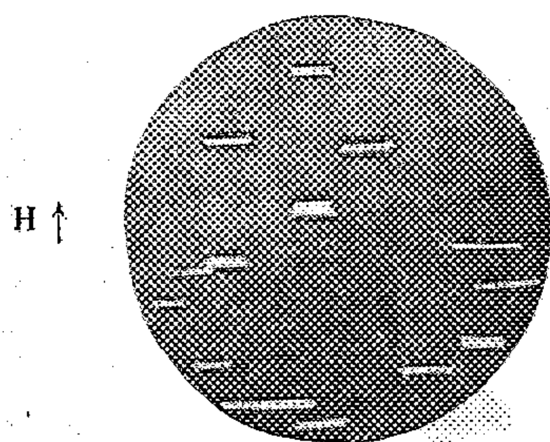


Fig. 1.

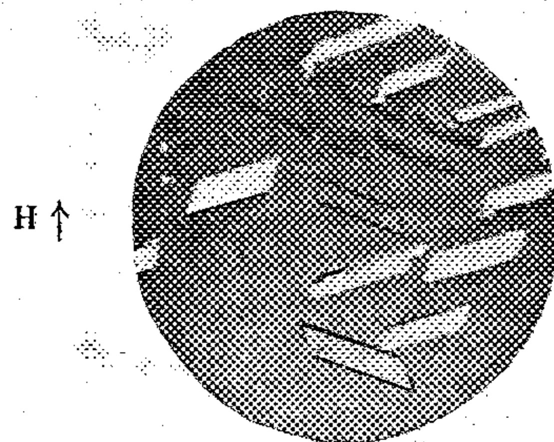


Fig. 2.

Considérons maintenant un cristal de symétrie moins élevée :

La figure 2 représente une préparation de sulfate de cuivre traitée par le procédé ci-dessus. On remarque qu'il existe *deux* directions de cristaux orientés (dont l'une est à l'extinction sur la figure) qui coïncideraient par une rotation de 180° autour d'un axe parallèle au champ magnétique. Ce fait qui a été aussi remarqué pour des cristaux monocliniques, s'explique par une double orientation des cristaux : d'abord une orientation due au champ magnétique, qui place le cristal de manière à ce que l'axe de plus grande perméabilité magnétique, qui pour les monocliniques ne coïncide pas nécessairement avec l'axe binaire du cristal, soit parallèle aux lignes de force, le cristal pouvant occuper une position quelconque autour de cet axe, et ensuite une seconde orientation due à la lame de verre ([1]) qui attire l'une des faces, ou la face opposée, du cristal de préférence aux autres, d'où la double orientation observée. La direction du champ magnétique est à la fois bissectrice de l'angle formé par deux arêtes de cristal de même nature, et de l'angle formé par deux directions d'extinction.

Si nous appelons 2α l'angle que font entre elles les deux directions d'extinction (la bissectrice intérieure de cet angle aigu étant, dans mes mesures, perpendiculaires à la vibration issue du polariseur) et si nous prenons comme axe la direction du champ magnétique H, les lignes neutres des deux directions feront avec la direction de H les angles β et β' tels que

$$\beta = 90^\circ - \alpha, \qquad \beta' = 90^\circ + \alpha.$$

([1]) M. Trillat, *Ann. de Phys.*, 6e série, 6, juillet-août 1926, p. 30.

L'angle aigu β, donc l'angle mesuré 2α est caractéristique de chaque cristal tri- ou monoclinique étudié.

Voici les valeurs de ces angles pour quelques corps et pour les sulfates doubles d'ammonium et de potassium de la série magnésienne du type $A_2M(SO_4)_2$, $6\,OH_2$ où $A = NH_4$ et K et $M = $ Mg, Cu, Fe, Co, Ni, Zn, Mn.

Corps.	2α.	β.	Corps.	2α.	β.
Sulfate de cuivre	66°	57°	Acétate de cuivre	17°	81°30′
Sulfate ferreux	18	81	Ferrocyanure de K	46	67
$(NH_4)_2M(SO_4)_2$, $6\,OH_2$			$K_2M(SO_4)_2$, $6\,OH_2$		
M = Mg	0	90	M = Mg	40	70
Cu	60	60	Cu	0	90
Fe	90	45	Fe	0	90
Co	78	51	Co	50	65
Ni	28	76	Ni	34	73
Zn	14	83	Zn	16	82
Mn	42	69			

Les sulfates doubles d'ammonium et de magnésium, potassium et cuivre, potassium et fer sont discernables facilement au microscope, les préparations orientées étant différentes.

Le procédé ci-dessus permet donc d'identifier les sulfates doubles ou les cristaux mono- et tricliniques par la connaissance de l'angle aigu β. De plus, un corps présentant deux directions d'extinction appartient aux systèmes mono- ou triclinique, mais un corps cristallisant dans les systèmes mono- ou triclinique n'admet pas forcément deux directions d'extinction distinctes.

RAYONS X. — *Remarques sur les* raies blanches *d'absorption* K *et* L. Note de Mlle Yvette Cauchois, présentée par M. Jean Cabannes.

Lorsqu'une discontinuité X est immédiatement suivie, vers les grandes énergies, d'un maximum d'absorption très prononcé, le spectre photographié montre une raie blanche (RB). Accolée à la discontinuité, dissymétriquement élargie vers les grandes fréquences, beaucoup plus étroite et plus accentuée que les bandes d'intensité minima qui apparaissent comme structures d'absorption, elle indique, pour le niveau interne en jeu, la possibilité de transition, avec une forte probabilité, vers une bande à grande densité d'états inoccupés. Les études expérimentales apportent des informations sur l'existence ou la non-existence de telles bandes, leur caractère, leur position, leur largeur et la distribution de leurs états. Il faut en tenir compte dans le développement des théories du solide ou de la valence, en particulier, ainsi que pour l'application de ces théories à la spectroscopie X fine (¹).

(¹) Pour la bibliographie, on se reportera à Yvette Cauchois, *Les spectres de rayons* X *et la structure électronique de la matière* (*Conférences-rapports sur les recherches récentes en physique*, vol. 5, 1948).

Les spectres K des métaux Fe, Co, Ni, Cu ont été bien étudiés et interprétés; la discontinuité tombe en plusieurs temps; il n'y a pas de raie blanche. *En général*, leurs oxydes et leurs sels donnent une chute d'intensité plus régulière et plus abrupte, et la discontinuité localisée au comparateur est déplacée vers les grandes fréquences par rapport au métal pur, d'autant plus que la valence est plus élevée. Une raie blanche apparaît dans presque tous les cas examinés, indiquant la présence d'une bande d'états virtuels à caractère p; elle persiste avec les composés solubles en solutions aqueuses et alcooliques. Cependant le sulfure naturel de nickel (millérite) et l'arséniure naturel de nickel (nickelite), ne donnent pas de RB sur l'absorption K de Ni, tandis que le sulfure artificiel, NiS, dont la structure cristalline est analogue à celle de NiAs, montre une RB très prononcée. Les structures, même lointaines d'ailleurs, ne sont pas seulement liées à la structure cristalline. Les spectres K de Ni et de As, dans NiAs, diffèrent entre eux : il se forme une RB sur la discontinuité K de As, plus accentuée que pour l'élément pur.

Le sulfure cuivreux naturel (chalcocite) ne donne pas non plus de RB sur Cu absorption K. Avec Cu_2O (oxydule rouge), un minimum étroit suit une chute d'intensité complexe, sans produire nettement l'aspect significatif d'une raie blanche. Dans le cas des composés cuivreux, on n'observe pas de déplacement de la discontinuité par rapport au métal.

On sait que les discontinuités K de Zn, puis des éléments suivants jusqu'au krypton, à l'état solide (et le gallium liquide) s'accompagnent de RB dues aux états $4p$ inoccupés. L'amplitude du maximum d'absorption semble beaucoup plus forte pour Ga que pour Zn; la largeur de la RB et son contraste diminuent à partir de Ga, lorsque le numéro atomique augmente. Tous les composés étudiés ont aussi donné des raies blanches, généralement plus nettes qu'avec l'élément. Nous avons observé une influence de l'état allotropique à l'aide de divers échantillons de Se; celle de la fusion sur Ga (²). Le Rb métallique à 15° de son PF, n'a pas indiqué de RB; le déplacement de la discontinuité serait très faible lorsque l'on passe au chlorure, mais il se formerait un minimum; il y a fort peu de structures avec les sels de rubidium. Sr et Y n'ont pas été employés à l'état métallique; leurs composés donnent des raies blanches K.

Les métaux suivants jusqu'au Pd semblent donner une chute d'intensité K en deux temps, sans RB. Nous avons vérifié qu'il en est ainsi pour Zr et Mo : une première discontinuité s'accompagne sur le spectre d'une décroissance secondaire faible, plus large, aboutissant à un minimum d'intensité peu marqué. Les métaux plus lourds devraient être réexaminés à grande dispersion. Les terres rares n'ont pu être préparées sous forme d'écrans métalliques; les sels étudiés se comportent comme les sels, isomorphes, d'yttrium. Les métaux

(²) Mlle M. VIDAL, Diplôme d'études supérieures, Paris, 1949.

de transition du 3ᵉ groupe n'ont pas laissé observer de RB, ni sur K, ni sur L_I; mais on en observe sur L_{II} et L_{III} (états p), comme il fallait s'y attendre, vu la grande probabilité de transition vers la partie inoccupée de la bande 5d, dense. L'analyse des spectres K des éléments plus lourds serait à reprendre.

Nous avons fait remarquer que, dans le cas du platine, la discontinuité L_{III} s'accompagne d'un fort maximum d'absorption formant raie blanche; mais que ce maximum est beaucoup moins prononcé sur L_{II}, où la raie blanche est absente; cette différence indique la persistance du couplage spin-orbite pour la lacune $5d$ du platine métal. La différence entre PtL_{II} et L_{III} subsiste avec $PtCl_4$. Le palladium montre sans doute un comportement du même genre.

La comparaison des spectres de composés correspondants d'éléments homologues fait ressortir des différences intéressantes. En effet : Zn, Ga, Ge, As, Se donnent des RB sur K; mais on n'en a pas trouvé sur K de Cd, In, Sn, Sb, Te; ni sur L_I de Hg, Tl, Pb, Bi. Un certain nombre de sels et les oxydes de Zr, Nb et Mo montrent une RB sur K; tandis qu'aucune RB n'est observable sur L_I des composés analogues de Hf, Ta, W, ni sur ceux de Re. Il semble que la présence d'oxygène dans un composé favorise la formation du maximum d'absorption; nous citerons le cas des composés du Zr : les spectres K de ZrO_2, $ZrSiO_4$, $ZrOCl_2$ cristallisé avec 5 et avec $8H_2O$, ainsi qu'en solutions légèrement chlorhydriques concentrées ou diluées, montrent l'apparence de RB; mais $ZrCl_4$ fraîchement préparé ne la montre pas; avec le temps, ce sel s'oxyde et l'on obtient la RB. Pour Hf dans $HfOCl_2$ à $8H_2O$ ou en solutions, on obtient de belles raies blanches sur L_{II} et L_{III}; mais seulement un minimum d'intensité formant une bande *grise* large, au voisinage de L_I.

La différenciation d'homologues tels que Zr et Hf, d'après les spectres K($1s$) et L_I($2s$) respectifs, dans des composés chimiquement inséparables, peut être attribuée à la présence des électrons $4f$, très lâches, dans Hf.

Certains des faits rappelés ou signalés trouvent leur explication dans la théorie du solide, si l'on sait prévoir la perturbation des niveaux de l'atome considéré en fonction de la structure cristalline, de la nature et de la distance des atomes voisins, du type de liaison, etc., en tenant compte de la conductibilité et de la vie moyenne du photoélectron dans les états correspondants.

Toute discussion est impossible dans le cadre trop limité de cette Note.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude du spectre β et des rayonnements γ du* ^{76}As. Note (*) de Mᵐᵉˢ **Nadine Marty**, **Jeanne Labeyrigue** et **Hélène Langevin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le ^{75}As irradié en neutrons lents donne par une réaction (n, γ) le ^{76}As de période 26,75 h. qui émet des électrons négatifs présentant un spectre complexe

(*) Séance du 16 mai 1949.

et plusieurs raies γ. Ce corps a été étudié par de nombreux auteurs, le dernier en date à en donner un exposé détaillé étant K. Siegbahn (1). Mais si l'accord semble réalisé sur l'énergie des photons : K. Siegbahn indique trois raies de 0,55, 1,2, 1,7 MeV, Miller et Curtiss (2) donnent les valeurs de 0,57, 1,25, 1,84, 2,15 (les deux dernières très faibles), Wu et Havens (3), 0,557, 1,22, 1,78 MeV, la forme du spectre complexe β^- est moins bien établie.

C'est pourquoi nous avons repris l'étude du ^{76}As avec le spectrographe magnétique à focalisation semi-circulaire, construit au laboratoire de Chimie nucléaire par N. Marty; muni de deux compteurs en coïncidences et d'un sas pour l'introduction rapide de la source, cet appareil utilisant des trajectoires de 12^{cm} de diamètre a un pouvoir de résolution de 1,3 % et un angle solide d'environ 8.10^{-3} stéradian. Les deux compteurs séparés par une feuille d'Al de $0^{\mu},5$ sont remplis du même mélange d'éthylène (25 %) et d'argon (75 %) sous une pression totale de 7^{cm} de Hg. Le premier compteur avait une fenêtre de formvar de 0,35 mg/cm² présentant un *cut off* à 5 keV, la région des basses énergies était étudiée avec un seul compteur à fenêtre de formvar de 0,1 mg/cm² de *cut off* 3 keV permettant l'étude sans déformation supérieure à 10 % du spectre jusqu'à 22 keV.

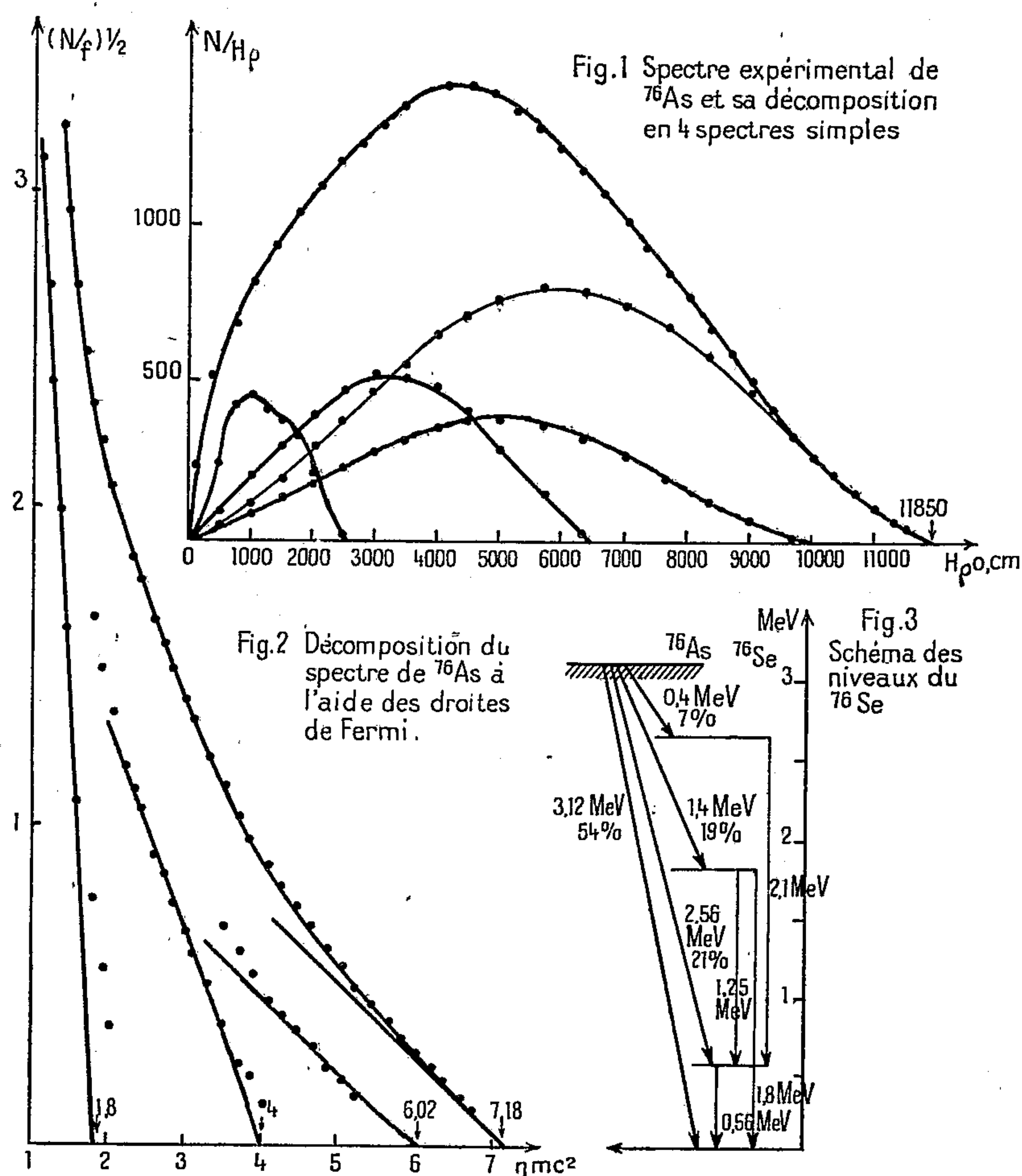
On irradiait au cyclotron du Collège de France 4 litres d'une solution de cacodylate de Na à 30 %. L'As actif séparé suivant la méthode de Starke (4) était réduit à l'état métallique par le réactif de Bougault puis évaporé rapidement en couche mince sur un support de formvar d'environ 0,1 mg/cm². Pour l'étude des rayons γ, l'As était placé d'après la méthode indiquée par Deutsch (5) dans une capsule de laiton d'épaisseur de paroi suffisante pour absorber tous les électrons, la détermination de l'énergie des γ était faite soit d'après l'énergie maximum des électrons Compton qu'ils projettent dans la paroi de la capsule, soit d'après l'énergie des photoélectrons formés dans un diffuseur de Pb ou d'U.

Les résultats obtenus ont été : pour la première raie (567 ± 10) keV par effet Compton, (566 ± 4) keV par effet photoélectrique avec un diffuseur d'U, (568 ± 4) keV avec un diffuseur de Pb. Pour la deuxième raie on a trouvé une énergie de $(1,250 \pm 0,005)$ MeV par effet photoélectrique. L'intensité de la source ne permettait pas la détection de raies plus faibles que la deuxième.

Le spectre des électrons négatifs (*fig.* 1) a une énergie maximum de 11 850 Hρ (3,08 MeV). Le tracé des droites de Fermi (*fig.* 2) effectué en utilisant les valeurs connues du rayonnement γ indique une énergie maximum

(1) *Arkiv. für mat. Astr. Fysik*, 34 A, 1947, n° 7.
(2) *P. R.*, 70, 1946, p. 983.
(3) *Bull. Am. Phys. Soc.*, 23, 1948, n° 3, p. 56.
(4) *Naturwiss.*, 28, 1940, p. 631.
(5) *R. S. L.*, 15, 1944, p. 178.

de 3,15 MeV et montre l'existence de quatre spectres d'énergie maximum 3,15, 2,56, 1,5, 0,4 MeV et d'intensités relatives 54 %, 21 %, 19 %, 7 %, ce qui justifie pour le ^{76}Se un schéma de niveau (*fig.* 3); ceci est en bon accord avec



les résultats obtenus pour les rayonnements γ, la raie de 2,1 MeV semblant cependant plus intense qu'elle n'a été indiquée; ceci peut être dû à une imprécision croissante dans la détermination des intensités des spectres composants, quand leur énergie maximum diminue. Une étude plus approfondie de la région de 1000 à 2000 Hρ ne nous a pas permis de mettre en évidence des raies de conversion indiquées comme possibles par certains auteurs. D'autre part, nous n'avons pu détecter d'électrons positifs signalés précédemment (6), s'ils existent, leur nombre est inférieur à 0,5 % de celui des électrons négatifs.

(6) HARTECK et SCHÆFFER, *Zeit. f. Physik*, 109, 1937, p. 477; 113, 1939, p. 287.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une nouvelle méthode d'étude dans la plaque photographique des désintégrations produisant deux particules ionisantes.* Note (*) de M. RAYMOND CHASTEL, présentée par M. Frédéric Joliot

Les désintégrations produisant deux particules ionisantes lourdes (bipartitions) donnent dans l'émulsion photographique deux traces partant en sens inverse, et il n'est en général pas possible de voir directement le point origine de la désintégration. En laissant s'effacer l'image latente il est possible d'obtenir une lacune au point de désintégration ([1]).

La méthode décrite ici permet aussi d'obtenir les parcours des deux particules émises; elle repose sur le raisonnement suivant : si l'on fixe son attention sur les traces qui atteignent le verre de la plaque photographique, les trajectoires de longueur minima seront celles produites par des noyaux se désintégrant à la limite de l'émulsion, contre le verre.

Il y a deux possibilités; on peut avoir dans l'émulsion soit la trace de la particule A soit la trace de la particule B (*fig.* 1). En portant la statistique des

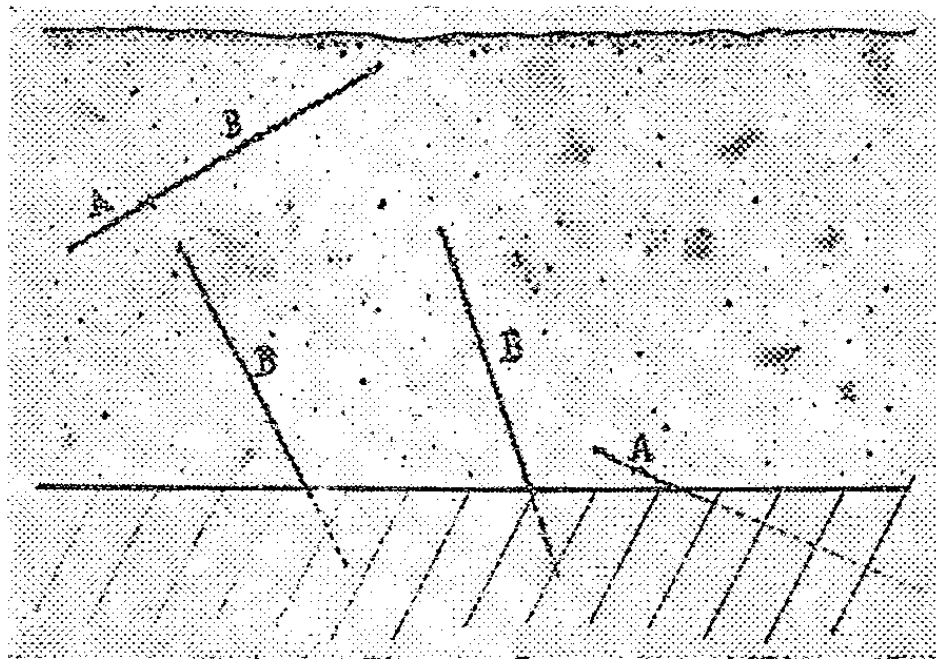


Fig. 1.

longueurs des trajectoires atteignant le verre, on peut s'attendre à ce que la distribution des longueurs soit limitée par la longueur de la trajectoire du fragment le plus lourd d'une part, et la somme des parcours des deux particules d'autre part. C'est ce qui a été vérifié expérimentalement dans le cas de la réaction ${}^{6}_{3}Li({}^{1}_{0}n, {}^{3}_{1}H){}^{4}_{2}He$.

En ajustant une courbe de Galton ([2]) à la limite de la trajectoire courte (He), on obtient le parcours le plus probable et la fluctuation expérimentale des

(*) Séance du 23 mai 1949.

([1]) H. FARAGGI, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 527.

([2]) En utilisant du papier à probabilité dessiné par L. Vigneron.

trajectoires α. Théoriquement il serait possible d'obtenir directement sur la statistique le parcours du noyau H et la fluctuation propre, mais avec la faible épaisseur de l'émulsion utilisée (33μ), à partir d'une certaine longueur les trajectoires n'apparaissent plus avec leur probabilité théorique. Toutefois la limite supérieure de la distribution correspond bien au parcours total des deux trajectoires obtenu par mesure des trajectoires entièrement contenues dans l'émulsion (courbe B, *fig.* 2). Le parcours de $^3_1$H est obtenu par différence.

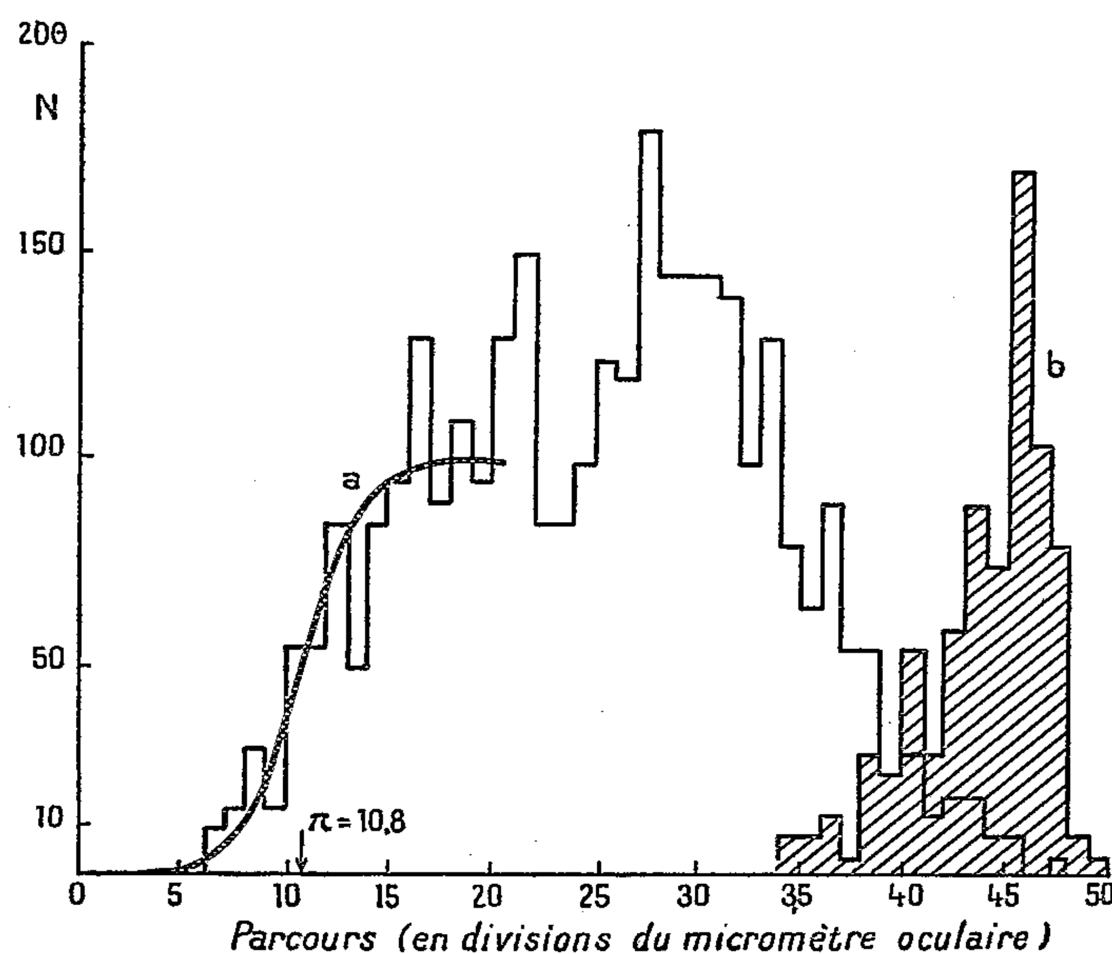


Fig. 2.

Utilisant des plaques Ilford G_2 émulsion Z 1147 chargée de lithium, irradiée aux neutrons lents (derrière 10cm de paraffine) produits par le cyclotron du Collège de France (cible de lithium), les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant, à la deuxième et la troisième ligne figurent les résultats obtenus par d'autres auteurs.

	$^4_2$H.	$^3_1$H.	$^1_1$H.
Parcours en μ	10,4±1,4	33,6±1,5	11,2 ±0,5
Faraggi	8,2±0,2	34,8±0,2	11,60±0,06
Bøggild et Minnhagen (3)	6,4	38,7	12,9
Fluctuations (1/2 larg.)	5,8μ	–	–
Énergie (en Mev)	1,997	2,663	0,887

Le parcours obtenu pour le parcours de la particule α paraît peu grand

(3) *Phy. Rev.*, 75, 1949, p. 782. Parcours obtenus en utilisant les valeurs 1635 et 1550 pour les pouvoirs d'arrêt de l'émulsion pour les α et les protons (2).

(10 % environ) par rapport à la courbe parcours-énergie ([4]) ([5]) même tenant compte de la modification de pouvoir d'arrêt de l'émulsion résultant de l'incorporation du lithium. Une détermination directe de ce facteur de correction est en cours.

La détermination de la longueur des trajectoires faisant intervenir dans ce cas les mesures de cotes parallèles à l'axe du microscope et le facteur de contraction de l'émulsion par fixage; l'écart observé peut très bien s'expliquer par l'imprécision sur ces deux facteurs.

La précision de la méthode est susceptible d'améliorations, et elle peut être appliquée dans d'autres appareils de détection de particules : chambre d'ionisation à amplificateur proportionnel par exemple. Ainsi la mesure de l'amplitude minima des impulsions de compteurs à BF_3 pourrait donner le parcours des noyaux de lithium de la réaction $^{10}B(n, \alpha)^7Li$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur la définition d'un système chimique à l'aide d'équations stœchiométriques.* Note de M. **André Peneloux**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous développons ici quelques remarques qui permettent d'aborder commodément l'étude de certains systèmes chimiques complexes, en offrant la possibilité d'un choix rapide des équations stœchiométriques susceptibles de le représenter.

Soit donc un ensemble de constituants évoluant vers un équilibre thermodynamique qui peut être considéré défini par un système de n équations stœchiométriques indépendantes (1), dans lequel figurent les p constituants $M_1, \ldots, M_p$

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{l} a_{11}M_1 + \ldots + a_{1p}M_p = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_{n1}M_1 + \ldots + a_{np}M_p = 0. \end{array}\right.$$

Les coefficients stœchiométriques d'une même équation sont liés par un système de corélations linéaires homogènes indépendantes, que nous appellerons (2).

Si nous sommes en présence des q éléments $E_1, \ldots, E_q$, et si nous notons comme suit la formule chimique des p constituants :

$$(E_1)_{k_{11}} \ldots (E_q)_{k_{1q}}, \quad \ldots, \quad (E_1)_{k_{p1}} \ldots (E_q)_{k_{pq}},$$

il est facile de voir que c est le rang du tableau

$$(3)\qquad \left\| \begin{array}{ccc} k_{11} & \ldots & k_{1q} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ k_{p1} & \ldots & k_{pq} \end{array} \right\|.$$

([4]) Tsien San-Tsiang, R. Chastel, H. Faraggi et L. Vigneron, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 571.

([5]) C.-M.G. Lattes, P.-H. Fowler et P. Cuer, *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 883.

R. Defay ([1]) a montré que grâce à (1) on peut décrire toute variation des masses totales des p constituants considérés au cours d'une évolution quelconque. Ceci implique que le système d'équations (4)

$$(4) \quad \begin{cases} a_{11} x_1 + \ldots + a_{n1} x_1 = y_1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ a_{1p} x_1 + \ldots + a^{du} x_n = y_p \end{cases}$$

admette une solution en x. Les nombres y représentent la variation du nombre de molécules de chaque constituant au cours du passage d'un état quelconque à un état d'équilibre quelconque. Il existe une infinité de systèmes non proportionnels de valeurs $y_1, \ldots, y_p$, et par suite une infinité de systèmes non proportionnels $x_1, \ldots, x_n$. Les valeurs $y_1, \ldots, y_p$ sont astreintes à la seule condition d'être liées, comme les coefficients stœchiométriques d'une même équation, par le système de relations linéaires homogènes (2). Si l'équilibre vers lequel on tend était, dans le domaine de température et de pression considéré, un équilibre métastable tel que pour toute transformation autour de cet équilibre, la masse de certains constituants M_j, au nombre de c', reste constante, il faudrait adjoindre au système (2) des conditions du type

$$y_j = 0.$$

Ceci entraînerait que l'équation

$$a_{1j} x_1 + \ldots + a_{nj} x_n = 0$$

soit une identité en x, c'est-à-dire que

$$a_{1j} = \ldots = a_{nj} = 0.$$

On voit ainsi que M_j ne saurait figurer dans (1). Un tel constituant, qui est susceptible de subsister sous une concentration quelconque, doit être considéré comme un constituant indépendant *a priori*.

Le système d'équations (4) de p équations à n inconnues dont les coefficients correspondants sont liés par c relations linéaires homogènes devant avoir une solution, on a

$$c = p - n.$$

Alors que le nombre total des constituants indépendants est

$$(p + c') - n = c + c'.$$

On retrouve ainsi le critère de Brinkley ([2]), ([3]) sous une forme qui le rend équivalent au critère de Jouguet ([4]). Ce premier critère, qui permet la déter-

---

([1]) *L'Affinité*, 2e partie. Paris, 1931, p. 102.

([2]) Stuart et R. Brinkley Jr, *J. of chemical Physics*, 14, 1946, p. 563.

([3]) I. Prigogine et R. Defay, *J. of chemical Physics*, 15, 1947, p. 614.

([4]) I. Prigogine et R. Defay, *Thermodynamique chimique*, 2, p. 375.

mination du nombre des réactions indépendantes sans en avoir écrit aucune, peut être dans certains cas, préférable au second, qui suppose, à défaut de la connaissance des réactions qui s'effectuent réellement dans le système chimique, l'écriture de toutes celles qui y sont possibles.

La considération purement mathématique du système d'équations (4) permet de vérifier les deux propriétés suivantes :

Tout groupe de c constituants indépendants doit être tel que le tableau du type (3) qui lui correspond soit de rang c.

Toute évolution du système chimique peut être décrite à l'aide des vitesses de n réactions indépendantes, ou à l'aide des vitesses de formation de n constituants tels que les autres forment un groupe de c constituants indépendants.

Ces remarques nous ont été utiles dans l'étude de la décomposition des nitrites ([5]) qu'elles nous ont permis d'aborder d'une façon commode.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude cinétique théorique de la réaction d'un gaz sur un solide dans lequel il diffuse.* Note (*) de M. **Jean-Michel Dunoyer**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous considérons ici le cas d'une substance solide pulvérulente placée au sein d'un gaz susceptible d'entrer en réaction avec le solide dans les conditions de l'expérience.

Dans les conditions expérimentales les plus habituelles, c'est-à-dire lorsque la poudre est dans une nacelle placée dans une enceinte où circule le gaz, l'influence de la diffusion du gaz dans le solide se fait sentir de deux façons : par la diffusion du gaz à l'intérieur des grains et par la diffusion du gaz à travers la masse de la poudre. Ce deuxième facteur se trouve éliminé si l'on considère une substance constituée de grains très fins en suspension au sein du gaz comme cela se produit dans le cas des fumées ou des nuages de poussières très ténues. C'est ce cas que nous traitons ici.

On suppose essentiellement dans le calcul que la réaction entre le gaz et le solide est simple, correspondant au schéma $A + B \rightarrow C$, c'est-à-dire qu'il n'y a ni action catalytique en jeu, ni réaction d'opposition ni réaction simultanée du produit de la réaction avec le gaz. On supposera également que la concentration du gaz baignant les grains solides est maintenue constante et qu'il y a toujours un grand excès de gaz.

Influence de la diffusion. — Nous supposons : 1° que les produits de la réaction ne changent pas le coefficient de diffusion du gaz dans des grains assez perméables au gaz tels que ceux obtenus lors de la décomposition d'une

---

([5]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 473.

(*) Séance du 23 mai 1949.

substance solide par la chaleur; 2° qu'à l'intérieur du grain, la vitesse de réaction en un point est proportionnelle à la concentration u du gaz en ce point. On a alors en un point à l'instant t

$$dn = -\mathrm{H}\,n\,u\,dt,$$

n étant le nombre de moles en A par unité de volume à l'intérieur du grain au point considéré et u la concentration du gaz en ce point; par suite

$$n = n_0 e^{-\mathrm{H}\int_0^t u\,dt},$$

n_0 étant la concentration initiale de A.

Soit maintenant $d\mathrm{N}$ le nombre de moles de A à l'instant t dans une couche sphérique de volume $4\pi r^2\,dr$ à l'intérieur du grain, le grain étant supposé homogène; on a

$$d\mathrm{N} = 4\pi r^2 dr\, n = 4\pi n_0 r^2\, dr\, e^{-\mathrm{H}\int_0^t u\,dt}.$$

Le nombre total de moles de A contenues dans l'ensemble du grain à l'instant t, est donc

$$\mathrm{N} = 4\pi n_0 \int_0^{\mathrm{R}} r^2 e^{-\mathrm{H}\int_0^t u\,dt}\,dr.$$

Pour déterminer u nous avons admis que le gaz diffusait au sein d'un grain suivant la loi classique de la diffusion de Fourier. En intégrant dans les conditions aux limites particulières fixées par ce problème, l'équation aux dérivées partielles de la diffusion et en faisant certaines approximations dont nous rendrons compte prochainement, on voit que le nombre N de moles existant dans un grain à un instant t est donné par

$$\mathrm{N} = \frac{4}{3}\pi n_0 \mathrm{R}^3 e^{-\mathrm{H}u_0 t}\left[1 + \frac{\mathrm{H}u_0}{3a}\left(1 - e^{-\frac{3a}{\mathrm{R}}t}\right)\right],$$

où u_0 est la concentration du gaz à l'extérieur du grain et a le coefficient d'adsorption du gaz sur le grain. Le coefficient de diffusion du gaz dans le grain n'intervient que si l'on pousse plus loin l'approximation, qui donne alors pour N, en désignant par K le coefficient de diffusion

$$\mathrm{N} = \frac{4}{3}\pi n_0 \mathrm{R}^3 e^{-\mathrm{H}u_0 t}\left[1 + \frac{\mathrm{H}u_0}{3a}\left(1 + \frac{a\mathrm{R}}{2\mathrm{K}}\right)\left(1 - e^{\frac{-3at}{\mathrm{R}\left(1+\frac{a\mathrm{R}}{2\mathrm{K}}\right)}}\right)\right],$$

Quelle que soit la formule utilisée on voit que lorsque le temps croît la quantité entre crochets tend vers 1. La courbe représentant la variation de log N en fonction de t tend vers une droite de pente $-\mathrm{H}u_0$.

Nous montrerons dans une Note ultérieure que si les conditions expérimen-

tales satisfont aux hypothèses sur lesquelles est basé ce calcul, on obtient effectivement au bout d'un temps pas très long une variation linéaire du logarithme du nombre total de moles du solide A en fonction du temps.

CHIMIE MINÉRALE. — *Combinaisons du chlorure mercurique et de l'hydroxyde cuivrique.* (*) Note de M. **Jules Lamure**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude du système $Cl_2Hg—Cu(OH)_2—OH_2$ que nous avons faite à diverses températures entre 17° et 100° met seulement en évidence l'existence de deux combinaisons définies : $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ et $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$.

Le tableau ci-dessous indique la composition des phases solides pour les différentes valeurs du nombre n de molécules de Cl_2Hg mises dans l'eau en présence d'une molécule de $Cu(OH)_2$ aux températures comprises entre 17° et 50°.

$n < 1/3$....................	$Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ et hydroxyde en excès
$n = 1/3$....................	$Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$
$1/3 < n < 2/3$..............	Mélange des deux sels
$n \geqq 2/3$....................	$2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$

Aux températures supérieures à 50° le sel $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ se forme seul quelles que soient les proportions des réactifs : la concentration initiale de la solution en Cl_2Hg ne semblant pas avoir d'influence.

Les diagrammes de rayons X des différentes phases solides ne permettent pas d'identifier d'autres composés.

Les solutions étant toujours exemptes de composés du cuivre, il n'y a en aucun cas échange de métaux : l'hydroxyde fixe le chlorure mercurique.

Nous avons recherché s'il s'agit de simples produits d'addition ou de véritables combinaisons.

Le sel $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ se présente en cristaux denses, relativement gros, anhydres et de teinte bleu turquoise. Il reste stable jusqu'à 180°; au-dessus de cette température les produits résultant de la décomposition sont uniquement le chlorure mercurique et l'hydroxyde cuivrique qui se déshydrate ensuite lentement. Les courbes de décomposition thermique soit à température constante, soit à température linéairement croissante tracées à la thermobalance de Chévenard, sont dès lors celles d'un mélange de Cl_2Hg et de $Cu(OH)_2$ et ne mettent en évidence aucun composé intermédiaire.

Le sel $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$, moins dense, de couleur vert clair, commence à se décomposer dès 140° et se comporte alors comme le précédent.

La solubilité des deux sels, très faible et voisine de 10^{-5} mol/l, permet

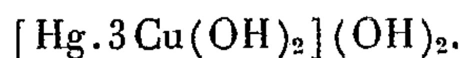
(*) Séance du 23 mai 1949.

cependant de constater (à côté d'une légère ionisation) que le mercure et le cuivre sont totalement masqués à leurs réactifs habituels, sauf à l'hydrogène sulfuré. Dans le but d'isoler les hydroxydes correspondants, nous avons traité par des quantités croissantes de soude N/1000 une masse connue de chacun des sels mis en suspension dans l'eau et avons suivi la décomposition, après chaque addition, par la variation du pH et l'analyse du filtrat; mais nous avons seulement obtenu un mélange de OHg et $Cu(OH)_2$. Par contre, en effectuant la même opération avec une solution tamponnée à pH 8,4-8,6 nous avons pu observer que :

1° le chlore est tout entier dans les anions;

2° dans le sel $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$, un atome de mercure sur deux passe en solution avec le chlore et constitue donc un groupe $[Cl_4Hg]^{--}$, mais qu'il n'en est pas de même dans l'autre sel;

3° les hydroxydes formés dans les deux cas ont même composition



$$[Hg.3Cu(OH)_2](OH)_2.$$

Tous ces caractères permettent de croire que ces sels sont des complexes.

Nous avons trouvé dans la mesure des susceptibilités magnétiques la confirmation de cette hypothèse.

	$10^6.K_{M_{trouvé}}$.	$10^6.K_{M_{calculé}}$.	$10^6.K_{[Cu(OH)_2]_{calculé}}$.	Dissimulation magnétique de $Cu(OH)_2$.
$2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$	+1853	+3344	+562,5	52%
$Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$	+2156	+3427	+691,0	41%
$Cu(OH)_2$	+1170	–	–	–

La comparaison entre les valeurs trouvées et celles calculées par application de la règle d'additivité élimine la possibilité de produits d'addition entre le chlorure de mercure et l'hydroxyde de cuivre : le paramagnétisme de l'hydroxyde de cuivre y est fortement diminué.

On doit donc pouvoir considérer le sel $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ comme un oxychlorure mixte correspondant à $Cl_2Cu.3(CuOH)_2$ dans lequel l'atome central de cuivre est remplacé par un atome de mercure. La caractère complexe du sel normal de cuivre ayant été maintes fois établi depuis Werner, on peut admettre que le sel mixte a une structure analogue : $Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$.

Quant au sel $2Cl_2Hg.3Cu(OH)_2$ dans lequel l'hydroxyde de cuivre est magnétiquement plus dissimulé, il ne peut être envisagé comme un produit d'addition de Cl_2Hg sur le sel vert et tout porte à le considérer comme le mercuritétrachlorure de l'hydroxyde mixte $[Hg.3Cu(OH)_2](OH)_2$ et à l'écrire $[Cl_4Hg][Hg.3Cu(OH)_2]$.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la répartition des imperfections de structure des cristaux de solution solide aluminium-zinc sur la cinétique de leur durcissement structural à* 20°. Note (*) de MM. **Paul Lacombe** et **Aurel Berghezan**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous avons montré précédemment qu'au cours de la formation par écrouissage critique de gros cristaux soit d'aluminium pur (¹), soit de solutions solides aluminium-zinc et aluminium-cuivre (²), certains cristaux étaient formés en réalité par l'assemblage de petits blocs cristallins très légèrement désorientés. Dans le cas de la solution solide aluminium-zinc, le simple polissage électrolytique permet de déceler les limites de ces blocs cristallins après une certaine durée de vieillissement à 20° nécessaire à la diffusion des atomes dissous.

Nous avons montré en outre (³) que l'apparition des contours intracristallins était provoquée par un léger écrouissage par traction des cristaux (3 % à 6 % par exemple) suivi d'un recuit dans le domaine de la solution solide et d'une trempe à l'air. C'est le mécanisme de la polygonisation suggéré par Orowan (⁴) et Cahn. Au contraire après un écrouissage élevé par laminage (90 % par exemple), le recuit entre 400 et 550° donne naissance à des cristaux ne présentant à aucun stade du vieillissement de contours intracristallins : c'est la recristallisation proprement dite (⁵).

L'objet de cette Note est de montrer que l'importance du durcissement structural diffère nettement sur échantillons polycristallins suivant qu'ils sont constitués par des cristaux polygonisés ou par des cristaux recristallisés. Le durcissement a été apprécié par mesure des propriétés mécaniques E, R et A % sur microéprouvettes tractionnées à la micromachine Chevenard après trempe soit à l'air soit à l'eau froide à 20°.

La figure 1 montre que le vieillissement à 20° d'un alliage à 8 % de zinc écroui de 90 % puis recuit 3 heures à 450° et trempé à l'eau s'accompagne d'une augmentation rapide de E et R comme Hérenguel et Chaudron l'ont déjà montré (⁶). La trempe à l'air conduit à un durcissement final aussi important mais beaucoup moins rapide au début du vieillissement.

(*) Séance du 23 mai 1949.

(¹) P. Lacombe et L. Beaujard, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 414.

(²) P. Lacombe et A. Berghezan, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2.152.

(³) P. Lacombe et A. Berghezan, *Physica*, Janvier 1949.

(⁴) Communication aux journées d'octobre 1947 de la *Société française de Métallurgie;* R. Cahn, *Report of a Conference on Strength of Solids* (Bristol) *Physical Society*, 1948, p. 136.

(⁵) A. Guinier et P. Lacombe, *Métaux et Corrosion*, **24**, 1948, p. 212.

(⁶) J. Hérenguel et G. Chaudron, *Rev. Métallurgie*, **41**, 1944, p. 33.

Au contraire, l'alliage recuit 3 heures à 450°, trempé à l'air, écroui de 6 % par traction puis recuit à nouveau 3 heures à 450°, subit un vieillissement à 20° caractérisé par une augmentation de E et R beaucoup plus lente. Ainsi la

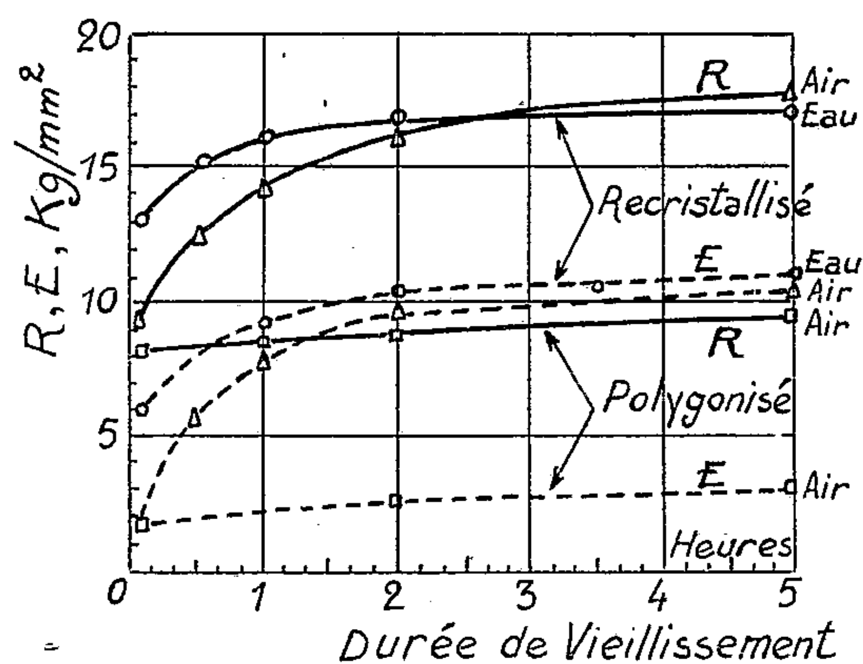


Fig. 1. — Variations des propriétés mécaniques E 0,2 % et R en fonction de la durée de vieillissement des solutions solides Al-Zn à 8 % suivant la vitesse de la trempe et leur état recristallisé ou polygonisé.

valeur de R après vieillissement de plusieurs jours atteint environ la moitié de celle obtenue en 24 heures pour l'alliage recuit après 90 % d'écrouissage (*fig.* 2).

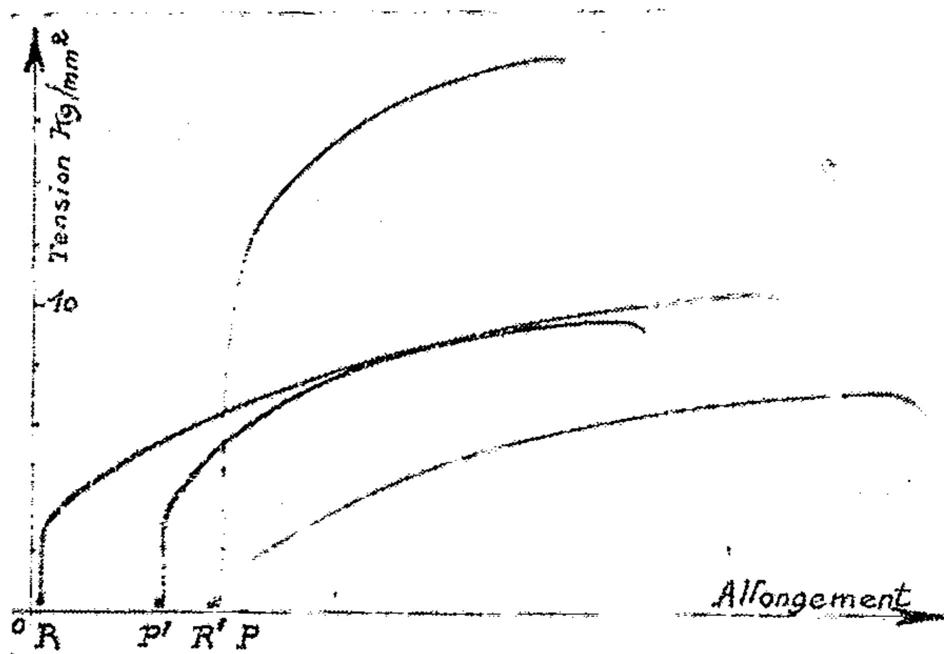


Fig. 2. — Courbes de traction enregistrées sur la micromachine Chevenard d'alliage Al-Zn à 8 %. R, recristallisé et vieilli 5 minutes à 20°; R', recristallisé et vieilli 24 heures à 20°; P, polygonisé et vieilli 5 minutes à 20° (coude brusque au delà de E); P', polygonisé et vieilli 24 heures à 20°.

Ces résultats apportent un argument à l'hypothèse suivant laquelle les défauts de structure des cristaux, quels qu'ils soient, jouent un rôle essentiel dans le durcissement structural des solutions solides. Il y a lieu de considérer également leur répartition dans le cristal. Dans le cas du cristal recristallisé après écrouissage de 90 %, les défauts de structure préexistant à la

trempe ou provoqués par une trempe trop brutale sont répartis au sein du cristal au hasard, de sorte que leur faible distance moyenne facilite la diffusion des atomes dissous nécessaire au durcissement.

Au contraire, dans le cas du cristal polygonisé trempé à l'air, ces défauts, tels que les *dislocations*, sont rassemblés dans les joints intracristallins des petits blocs parfaits. Il en résulte que la distance moyenne des défauts dans les directions perpendiculaires aux joints intracristallins est beaucoup plus élevée et limite la diffusion du zinc.

En conclusion, cette étude montre l'influence des modifications de structure conditionnant la répartition et la diffusion des atomes dissous sur la cinétique du vieillissement des solutions solides.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Valence libre, fonction anhydride et verres.* Note (*) de M. **Alexandre Laforgue** et Mme **Denise Laforgue-Kantzer**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude des composés métaphosphoriques qui fixent des *donneurs* (eau, oxydes, etc.), se cyclisent et forment des verres, a conduit l'un de nous à généraliser la notion de fonction anhydride [1].

Un calcul, fondé sur la méthode des orbites moléculaires, précise notre conception pour les groupements XO_3 à octet incomplet, molécules ou ions [2]. Certains peuvent être monomères, SO_3 NO_3^-, CO_3^{--}, BO_3^{---}; ils ont été trouvés plans [3], les trois oxygènes formant un triangle équilatéral. Nous admettrons que des électrons venant des oxygènes complètent l'octet qui possède alors une hybridation sp^2.

Pour tous ces XO_3, la valence libre qu'aurait le monomère déterminera le mode d'association. Cette valence libre mesurant une lacune électronique dérive d'une liaison semi-polaire, comme la valence libre mesurant un découplage dérive d'une liaison ordinaire [4].

On trouve par un calcul analytique [5] l'indice de liaison $p = 2(x^2 + 12)^{-(1/2)}$ en posant

$$x = (\alpha_X - \alpha_0)\beta_{XO}^{-1}.$$

Les intégrales coulombiennes α sont proportionnelles [5] aux électronégativités

(*) Séance du 16 mai 1949.

(1) D. Kantzer, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1317; *Thèse* 1949, Paris.

(2) La méthode sera généralisée aux groupements des types : BF_3, $SOCl_2$, P_2O_5, $(B_2O_3)_n$, etc.

(3) Au contraire les ions ClO_3^-, BrO_3^-, SO_3^{--}, etc., qui possèdent un doublet libre au lieu d'une lacune ont une structure pyramidale (hybridation sp^3).

(4) *Cf.* R. Daudel, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 807.

(5) A paraître.

corrigées de l'effet de charge (charge de l'ion et ionisation partielle des liaisons X — O). Les intégrales d'échange, vraisemblablement égales pour une même période ([6]) seront, de plus, supposées décroître d'une période à l'autre,

$$\beta_{11}=1,\quad \beta_{12}=0,8,\quad \beta_{13}=0,6,\quad \beta_{14}=0,4.$$

La valence libre est $L = N_{max} - 3p$.

Remarque. — Le maximum absolu N_{max} de valence liée n'est atteint que pour l'atome X d'une molécule XY^3 :

1° En effet, les trois liaisons sont équivalentes. Or, on sait qu'une même quantité d'électron π, répartie entre plusieurs couplages, est représentée par des indices de liaison dont la somme est plus forte que si elle était concentrée sur un couplage unique.

2° Les atomes périphériques n'échangent de liaison qu'avec l'atome central. Les indices sont donc aussi élevés qu'il est compatible avec la symétrie ternaire.

Dans ce cas, la valence liée $N = 3p$ est maximum pour $x = 0$ et prend la valeur $N_{max} = \sqrt{3}$, qui est aussi la borne supérieure de la valence liée pour toute molécule, résultat en accord avec d'autres méthodes ([7]).

Résultats. — 1. Dans le tableau suivant, les XO_3 sont rangés par valence libre croissante et leurs modes d'association sont pointés ([8]), ce sont successivement :

des monomères ($\mathcal{M}$) pour $L \leqq 0,19$;

des chaînes ($\mathcal{C}$) de quelques groupements;

des verres ($\mathcal{V}$) chaînes infinies de tétraèdres pour $0,12 \leqq L \leqq 0,25$;

des anneaux ($\mathcal{A}$) régulièrement empilés en cristaux.

	x.	L.	($\mathcal{M}$).	($\mathcal{C}$).	($\mathcal{V}$).	($\mathcal{A}$).
NO_3^-	0,33	0,01	★			
CO_3^{--}	0,70	0,05	★			
BO_3^{---}	0,90	0,07	★	●		
SO_3	1,20	0,12	★	●	★	●
PO_3^-	1,56	0,19	●	★	★	★
SiO_3^{--}	1,68	0,22		★	★	★
AlO_3^{---}	1,83	0,25			★	●
SbO_3^{--}	2,61	0,43				●

2. Pour les verres industriels cette classification coïncide pratiquement avec la classification des *formateurs* empirique ou thermochimique ([9]) (énergie de liaison dans le tétraèdre XO_4).

([6]) A. Laforgue, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1430; *Journal de Physique* (sous presse).

([7]) W. Moffit (en préparation). Communication personnelle de C. A. Coulson.

([8]) Les ● représentent des résultats moins bien confirmés que les ★.

([9]) Sun, *The Glass Industry*, U. S. A., 24, févr. 1948, p. 73. Il faut dans le tableau numérique choisir, dans tous les cas, la coordinence 4.

3. Pour les monomères (et approximativement pour les chaînes courtes) la valence libre exprime numériquement l'affinité chimique qui, pratiquement nulle pour NO_3^-, croît depuis celle de CO_3^{--} (quelques associations moléculaires) jusqu'à celles de SO_3 et PO_3^- *anhydrides forts* qui fixent énergiquement les *donneurs de paires*.

4. Réciproquement, l'expérience justifie le choix des β, ainsi que notre hypothèse : c'est la *quantité de lacune* qui est essentielle et non la charge variable dans de larges limites.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'aspartates et de glutamates acides de choline*. Note (*) de M[me] **Abigaël Carayon-Gentil** et M[lle] **Jeanne Brigando**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de la préparation de l'aspartate et du glutamate de choline (1), nous avons pu isoler, en raison de leur différence de solubilité dans l'alcool, de petites quantités de sels acides de faible teneur en choline. Ces corps précipitent lorsqu'on ajoute un excès d'éthanol à une préparation sirupeuse légèrement acide et aussi concentrée que possible d'aspartate ou de glutamate de choline. En opérant à des pH compris entre 5,2 et 6,9, nous avons toujours observé ce phénomène. Par des concentrations et des précipitations successives (2), cette méthode a permis d'obtenir des corps de taux de choline assez voisins :

aspartate acide de choline : 10,8 et 10,9 % de choline;

glutamate acide de choline : 9,3, 9,7, 10,6 et 11,8 % de choline.

Ces produits ont été obtenus avec un rendement de 3 à 5 %.

La présence de choline n'est pas due à des phénomènes d'adsorption; nous avons effectué des lavages prolongés et répétés avec de l'éthanol absolu, le taux de choline reste pratiquement constant; or, la choline est soluble en toute proportion dans l'éthanol qui est également un solvant de l'aspartate et du glutamate de choline. Ces résultats sont confirmés par quelques diagrammes aux rayons X.

Le composé acide glutamique-choline à 9,7 % de choline a été spécialement

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, 128, 1949, p. 1035. L'aspartate et le glutamate de choline correspondent à la salification d'un carboxyle de l'amino-acide par une molécule de choline (aspartate : 44,06 % de choline; glutamate : 41,60 % de choline, valeurs théoriques). Les dosages sont effectués sous forme de périodure ou de reineckate. Tous les résultats sont calculés en ion choline $+N(CH_3)_3-CH_2-CH_2OH$.

(2) On élimine ainsi pour les préparations les plus acides (pH : 5,2 à 5,6) des mélanges de très faible teneur en choline (1 à 2 %) donnant aux rayons X le diagramme de l'acide aminé.

étudié. Son diagramme aux rayons X est caractéristique ([3]) d'un corps cristallisé. La disposition et l'assemblage des raies ne correspondent pas à celles du diagramme de l'acide glutamique. Ceci prouve que ce corps n'est pas un mélange de choline et d'acide aminé. Ce taux de choline beaucoup plus faible que celui résultant des proportions équimoléculaires des constituants ne peut s'expliquer que par l'existence de complexes formés de plusieurs molécules d'acides aminés pour une molécule de choline. Les résultats analytiques portant sur la choline, l'azote total, le carbone et l'hydrogène permettraient d'envisager la présence de six molécules d'acide aminé pour une molécule de choline.

D'après leur teneur en azote total et en choline, les aspartates acides auraient la même composition.

Bien que ces corps soient très hydrolysables, il a été possible d'obtenir, une fois, par cristallisation dans l'eau, un composé acide aspartique-choline à 6 % de choline. Le diagramme aux rayons X de ce corps est tout différent de celui de l'acide aspartique et de l'aspartate de choline. Il indique un corps nouveau. Le taux de choline représenterait douze molécules d'acide aspartique par molécule de choline.

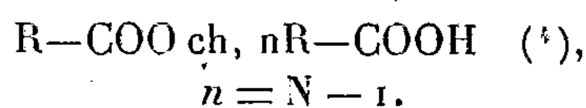
Pour obtenir ces sels acides, il faut être en milieu à la fois anhydre et légèrement acide. Ces considérations nous ont amenées à traiter une solution alcoolique d'aspartate de choline par une solution titrée de gaz chlorhydrique dans l'éthanol anhydre. Un précipité apparaît dès l'addition des premières gouttes d'alcool chlorhydrique. Plusieurs substances formées par action de quantités variables d'acide ont été ainsi séparées (rendement 20 % environ). Ce sont des composés analogues aux précédents. Pour des taux d'acide chlorhydrique ne dépassant pas 20 % de la quantité nécessaire pour décomposer tout le sel, les produits ont une teneur en choline sensiblement constante variant de 25 à 18 %. Ces valeurs correspondraient en moyenne à trois molécules d'acide aminé par molécule de choline.

Les composés obtenus par ces deux techniques différentes sont des substances blanches, plus ou moins hygrocospiques, leur affinité pour l'eau augmentant avec le taux de choline; ils sont solubles dans l'eau, très peu solubles dans l'éthanol absolu. Le pH de leur solution varie de 4,2 à 4,7. Tous ces corps donnent la réaction de Florence. Ils sont facilement hydrolysables, le phénomène est surtout marqué pour les dérivés de l'acide glutamique. Ces sels sont ionisés en solution. Une étude cryométrique de l'aspartate acide à 10,8 % de choline, en solution aqueuse diluée, a donné 89 comme poids moléculaire apparent. Le poids moléculaire minimum calculé d'après la teneur en choline

([3]) Diagramme effectué avec le rayonnement K_α du cuivre pour un débit de 15 milliampères sous une tension de 28 kilovolts.

est environ dix fois cette valeur. Cette ionisation indique qu'il n'y a pas de liaison peptidique.

Les sels isolés répondraient à la formule générale :



$$\text{R—COO ch, nR—COOH} \quad (^5),$$
$$n = N - 1.$$

N, nombre d'acides aminés par molécule de choline, soit 3, ou 6, ou 12, dans les conditions où nous avons opéré.

MINÉRALOGIE. — *Réalisation de la synthèse de la nadorite* PbOSbOCl *par frittage*. Note (*) de MM. **Joseph Bolfa, Robert Pastant** et **Marcel Roubault**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une première série d'expériences, nous avons essayé de produire de la nadorite par fusion, suivant le processus très simple indiqué par G. Cesaro [1]. Nous rappelons les résultats obtenus par ce savant. On chauffe un mélange de 1^g d'oxyde de plomb et $0^g,778$ d'oxychlorure d'antimoine que l'on obtient facilement en traitant le trichlorure d'antimoine par l'eau froide.

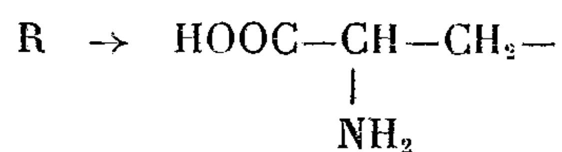
« La fusion s'effectue très rapidement sur un bec Bunsen et l'on obtient, par refroidissement, une masse ayant à peu près l'aspect et l'éclat de la nadorite et qui, comme cette dernière, raye très nettement le spath d'Islande. Cette masse très fragile est traversée par des plans brillants qui me paraissent montrer que la matière est cristallisée. Elle m'a semblé homogène au microscope. »

Nous avons placé le mélange de PbO (litharge) et de SbOCl (dans les proportions de la nadorite) dans un four électrique à tube de silice à 900° C pendant une demi-heure; les deux constituants restaient bien séparés sans fusion.

Nous avons ensuite opéré dans un four électrique, à tube de graphite (donc en atmosphère réductrice) à 1100° C pendant le même laps de temps. Nous avons obtenu, après refroidissement, des dépôts noirâtres sur le creuset de porcelaine. Ces échecs ne nous ont pas surpris, l'identification du produit obtenu par Cesaro étant très superficielle. A notre avis ce savant n'a vraisemblablement pas obtenu la nadorite.

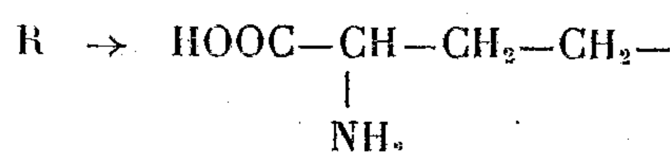
---

(5) ch : ion choline :



R → HOOC—CH—CH₂— avec NH₂ sur le CH

pour l'acide aspartique



R → HOOC—CH—CH₂—CH₂— avec NH₂ sur le CH

pour l'acide glutamique

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) *Bull. Soc. de Min.*, 11, 1887, p. 44-51.

Les mêmes expériences effectuées avec des fondants comme le borax n'étaient pas indiquées, le borate de plomb se formant facilement.

Dans une deuxième série d'expériences nous avons essayé de réaliser la synthèse de ce minéral par frittage de SbOCl et de PbO (litharge), toujours dans les proportions de la nadorite, à une température inférieure à leur point de fusion. A cet effet nous avons réalisé à froid dans un mortier d'Abich une pastille, avec le mélange SbOCl et PbO finement porphyrisé, à une pression de 1000 kg/cm^2 obtenue à l'aide d'une presse Brinell. La pastille ainsi obtenue a été placée dans un four électrique à tube vertical, entre deux lames d'acier et maintenue comprimée à 30 kg/cm^2 à l'aide d'un dispositif de charge de compression à levier analogue à celui utilisé dans les essais d'affaissement sous charge à haute température dans l'étude des réfractaires. Le four a été maintenu à une température comprise entre 600°C et 650°C pendant sept jours. La température était repérée à l'aide d'un couple chromel-alumel. Pour caractériser le produit obtenu qui paraissait à l'œil nu cristallisé et d'un éclat analogue à celui de la nadorite, nous avons utilisé l'examen microscopique en lumière réfléchie. A cet effet, nous avons scié la pastille suivant un diamètre et fait une section polie, la moitié de la pastille ayant été au préalable sertie dans la gomme laque. Les microphotographies 1 et 2 représentent les résultats obtenus.

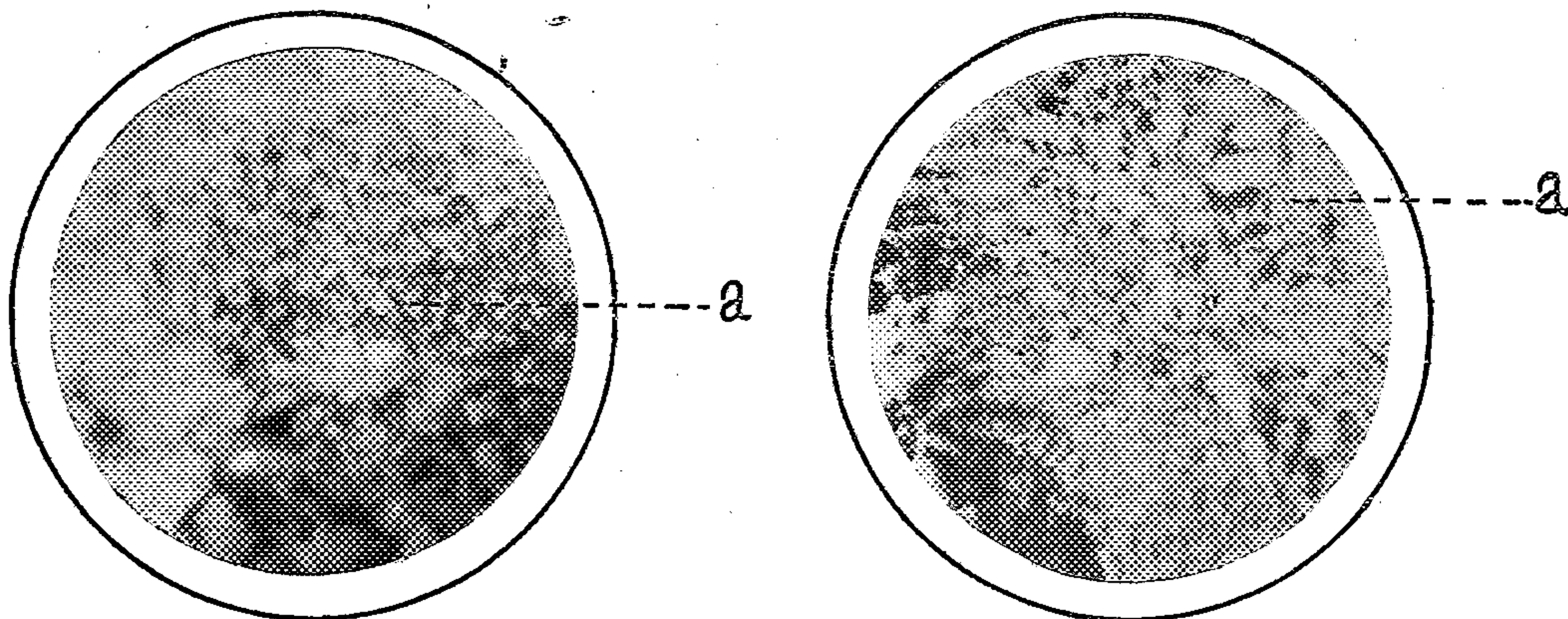


Photo. 1. — Lumière naturelle réfléchie. × 500.

Photo. 2. — Lumière naturelle réfléchie. × 200.

Les propriétés optiques (pouvoir réflecteur; aptitude au polissage, degré d'anisotropie, réflexions internes) sont rigoureusement les mêmes que celles déterminées sur des agrégats de cristaux de nadorite provenant du gisement d'Hamman N'Baïls (près de Guelma), Algérie.

De plus, les formes cristallines sont également les mêmes. La photo 1 montre bien les cristaux losangiques taillés normalement à l'allongement (a), l'angle *mm* étant voisin de 106°. La photo 2 montre des cristaux taillés suivant l'allongement et à extinction droite (a).

MINÉRALOGIE. — *Transformation expérimentale du mica en divers types de minéraux argileux par séparation des feuillets.* Note de Mlle **Simonne Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Roger Guennelon**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons montré antérieurement (¹) qu'il est possible de fixer les uns aux autres les feuillets de la montmorillonite en la traitant par une solution normale de KOH. Le produit obtenu est cristallographiquement voisin du mica et d'autre part son équidistance principale de 9,4 Å reste stable même après immersion dans l'eau. Cependant après traitement pendant 3 jours par une solution normale de $CaCl^2$ on constate qu'une partie des feuillets se sont à nouveau séparés. Ceci laissait donc prévoir qu'il était possible, par un traitement analogue, de séparer les feuillets du mica.

Pour obtenir ce résultat, des lamelle de phlogopite de Ihosy (Madagascar) ont d'abord été pulvérisées et passées au tamis 200, puis broyées pendant 40 heures sous l'eau dans un broyeur à boulets. Le produit final est formé par des grains inférieurs à 2^{μ} ainsi que nous nous en sommes assurés par des mesures de sédimentation. Ce broyage avait pour but en diminuant la dimension des particules, d'accroître la rapidité des échanges d'ions entre les cristaux et la solution.

Malgré ce traitement énergique le diagramme de R. X. du mica broyé est sensiblement analogue à celui du minéral initial.

Après une ébullition de 135 heures dans une solution de $MgCl^2$ à 40 % nous avons pu observer qu'une partie des feuillets du mica étaient déjà séparés. En effet, en utilisant pour l'examen aux rayons X une des petites plaquettes qui se forment spontanément sur les bords du filtre quand on isole le produit de la solution et en disposant celle-ci parallèlement au faisceau de rayons X, on constate sur le film à l'intérieur des petits arcs de cercle correspondant à l'équidistance normale d'un mica, un ou deux arcs de cercle supplémentaires dus à des réflexions sur les plans distants de 12 et de 14 Å. Ainsi le produit se présente comme un mélange de mica et de vermiculite. Des traitements plus longs aboutissent à une transformation plus profonde mise en évidence par des raies larges et floues conduisant à admettre l'existence d'écartements à 12, 14 Å et plus, interstratifiés au hasard.

Ces résultats sont confirmés par les diagrammes Chevenard. En effet, le mica en larges lamelles ne présente aucune inflexion jusqu'à 980°. Le produit broyé et séché à l'air montre un départ d'eau à basse température correspondant au dégagement de l'eau hygroscopique, mais ne présente pas d'autre accident notable jusqu'à 900°. Au contraire les courbes obtenues avec les phlogopites

(¹) S. Caillère, S. Hénin et S. Mériaux, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 680.

traitées montrent plusieurs inflexions intermédiaires. L'un de ces diagrammes permet d'évaluer des départs d'eau de l'ordre de 1,75 % jusqu'à 150°, puis 7,5 % de 200 à 400° et enfin 3,5 % à partir de 420°. Cette courbe est voisine de celle qui est fournie par une montmorillonite.

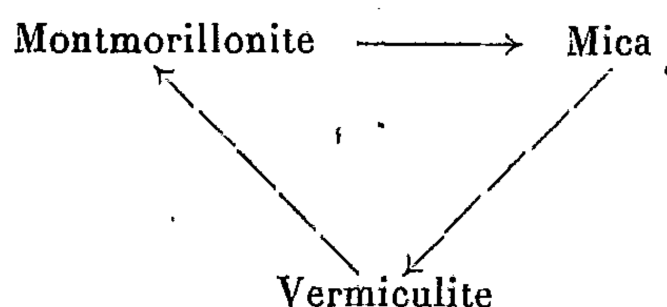
D'autre part l'analyse chimique montre que 250 milliéquivalents de Mg ont été fixés en remplacement de K et de Na primitivement présents dans le minéral. Le mécanisme du phénomène peut donc s'interpréter de la façon suivante : les ions potassium qui assurent la cohésion des feuillets s'échangent contre des ions magnésium dont l'énergie d'hydratation est plus élevée.

Il se forme alors suivant le schéma déjà connu pour la montmorillonite (²) des couches de molécules d'eau responsables de l'accroissement de l'équidistance principale et de l'inflexion à 200° et 420° de la courbe de perte de poids.

La substitution du chlorure de calcium au chlorure de magnésium ne modifie pas l'allure de la transformation. Des essais entrepris avec la muscovite de Corrèze et de l'illite de l'Illinois ont conduit à des résultats voisins.

Ainsi par des traitements analogues mais plus énergiques on peut séparer les feuillets du mica comme ceux de la montmorillonite K.

Nous pouvons donc considérer qu'une évolution suivant le schéma :



est relativement aisée et par conséquent possible dans les formations superficielles. La nature et la concentration des cations dissous dans le milieu conditionnerait la présence de l'un ou de l'autre de ces minéraux.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le* Pliohyrax rossignoli *du Pontien de Soblay (Ain).* Note de M. **Jean Viret**, présentée par M. Charles Jacob.

La détermination de dents isolées de Mammifères fossiles est toujours difficile, et d'autant plus hasardeuse que l'animal dont il s'agit est plus mal connu ou présente des caractères plus ambigus. Ici même (¹), j'ai décrit, sous le nom de *Neoschizotherium*, quelques dents isolées, provenant des lignites pontiens de l'Ain, ayant appartenu à un animal qui me semblait apparenté au *Postschizotherium* du Pliocène de Chine. Ce dernier ayant été classé par Teilhard de Chardin et V. Kœnigswald dans les Chalicothériidés, il devenait nécessaire de

(²) J. Mering, *Transaction of Faraday Soc.*, 42-B, 1946, p. 205-219.

(¹) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 353.

créer parmi les Ancylopodes une tribu quelque peu aberrante, caractérisée essentiellement par la tendance des molaires à l'acquisition d'une hypsodontie imparfaite, limitée surtout à la face externe des molaires, comme on la connaît chez certains Titanothériidés américains.

Les lignites de Soblay ne sont malheureusement plus exploités. Cependant, parmi les dernières dents recueillies dans le niveau fossilifère et qui viennent de me parvenir, j'ai reconnu une arrière molaire inférieure du *Neoschizotherium rossignoli*. Cette dent à allure de *Palæotherium*, formée de 3 lobes crescentiformes, apparaissait une fois de plus aberrante pour un Chalicothériidé, ce qui m'a amené à reconsidérer la détermination du petit pachyderme de Soblay.

Malgré l'absence de documentation sur le squelette et notamment sur les phalanges, j'ai maintenant la certitude que ce dernier n'est pas un Ancylopode, mais un Hyracoïde appartenant au genre *Pliohyrax* Osborn. Trois espèces sont connues : *P. græcus* Gaudry du Pontien de Pikermi et de Samos, forme bien plus grande que notre fossile, *P. championi* Arambourg du Miocène du Turkana, dont les prémolaires inférieures sont un peu différentes, et *P. kruppi* Osborn dont la taille est identique à celle de l'animal de Soblay. D'après la dentition inférieure figurée par Schlosser, on pourrait croire qu'il s'agit de la même espèce. Toutefois, la dentition supérieure du crâne type est si usée, si mal conservée postérieurement ([2]), qu'il est prudent, jusqu'à plus ample informé, de conserver le nom spécifique de *rossignoli*.

Les affinités reconnues précédemment entre *Neoschizotherium* et *Postschizotherium* n'ont pas disparu pour autant, et je pense que ce dernier est à ranger également parmi les Hyracoïdes. Très loyalement du reste, P. Teilhard de Chardin, à la fin de son travail de 1939 ([3]), cite l'opinion de G. G. Simpson qui lui signalait, dans la dentition de la forme chinoise, certains traits d'Hyracoïdes. Je crois que le savant Curator de l'American Museum avait vu juste. Les deux paires d'incisives inférieures développées en défenses ne sont pas un attribut normal des Chalicothériidés, non plus que la présence de fossettes ovalaires dans la symphyse ou sur la face externe de la mandibule, tandis que des fossettes diversement placées ont été rencontrées chez plusieurs Saghathériidés fossiles. La position des orbites est la même dans les deux cas. Les molaires supérieures de l'animal du Shansi, les seules qui soient lisibles, montrent notamment l'existence de parastyle et de mésostyle tranchants qui sont bien dans le cachet des dents de *Pliohyrax*.

Ainsi, au Pontien, des Hyracoïdes venus d'Afrique ont gagné l'Asie Mineure et de là ont poussé des incursions, probablement assez brèves, non pas seule-

---

([2]) OSBORN, On *Pliohyrax Kruppi* (*Proceed. fourth internat. Congress Zoology*, Cambridge, 1898, p. 172, planche 2).

([3]) New observations on the genus *Postschizotherium* (*Bull. of the geol. Soc. of China*, **19**, n° **3**, décembre, 1939).

ment en Grèce, mais jusqu'aux extrémités occidentales du continent eurasiatique. Il ne semble pas qu'ils aient réussi à prendre racine en Europe, tandis qu'à l'Est, ils auraient trouvé des asiles où leur évolution se serait poursuivie durant le Pliocène et le début du Quaternaire.

GÉNÉTIQUE. — *Le* + Cratægomespilus Asnieresii *donne de nouveau des rameaux typiques de* Cratægus monogyna. Note de M. **André Guillaumin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On ne connaît que trois chimères d'Aubépine et de Néflier (¹).

1° Le Néflier de Bronvaux (²) (+ *Cratægomespilus Bronvauxii* Hort.) présentant : *a.* des rameaux épineux à feuilles entières ou peu lobées, pubescentes, à fleurs en corymbes analogues à celles de l'Aubépine donnant parcimonieusement des fruits semblables à ceux de l'Aubépine, mais bruns et velus (+ *Cratægomespilus Asnieresii* K. K. Schneider); *b.* des rameaux à feuilles et fleurs de Néflier, mais ces dernières par 6-12, donnant des nèfles (+ *C. M. Dardari* Simon-Louis).

2° Le Néflier de Saujon (³) présentant : *a.* des rameaux pleureurs à feuilles, fleurs et fruits d'Aubépine, mais ces derniers parfois plus ou moins bruns (+ *C. M. Brunii* L. Daniel); *b.* des rameaux pleureurs, à feuilles moins divisées se rapprochant de celles du + *C. M. Asnieresii*, mais plus lobées (+ *C. M. Rivierei* L. Daniel); *c.* des rameaux pleureurs ou non, à feuilles, fleurs et fruits plus ou moins complètement de Néflier, mais en ombelles pauciflores (+ *C. M. Bonnieri*, *Batesonii* et *Lotsyi* L. Daniel).

3° Le Néflier de Tomba (⁴) à feuilles entières, velues, ressemblant à celles du + *C. M. Asnieresii* et fleurs en corymbe analogues à celles de l'Aubépine, mais plus grandes et fruits semblables à ceux de l'Aubépine mais bruns (+ *C. M. Manaresii* Lopriore).

Sur une branche de + *C. M. Asnieresii* provenant du Jardin de Biologie végétale du Palais de la Découverte à l'Exposition de 1937 où l'avait exposé L. Daniel et actuellement cultivé au Muséum de Paris dans le Jardin écologique, comme d'ordinaire à feuilles peu lobées et pubescentes, vient de se développer un rameau à feuilles profondément lobées et glabres typiquement de *Cratægus monogyna*.

L. Simon a signalé (⁵) sur le Néflier de Bronvaux des rameaux de *Cratægus*

(¹) Les + *Cratægomespilus Gillotii* Rehder et *grandiflora* Bean sont des hybrides et non des chimères, par suite des × *Cratæmespilus*.

(²) *Cf.* L. Daniel, *in C. R. Congrès horticole organisé par la Société nat. Hort. de France* en 1898.

(³) *Cf.* L. Daniel, *in Comptes rendus*, 149, 1909, p. 1008.

(⁴) A. Manaresi, *in Sta. sperim. agr. ital.*, 48, 1915, p. 513.

(⁵) Lettre de L. Simon du 12 mai 1898 citée par L. Daniel *in Rev. bret. Bot.*, 1930, p. 1071.

monogyna var. *lanigera* Beck ([6]), mais s'étant produits *au-dessous du bourrelet du greffage;* ici il s'agit, comme dans le cas observé par L. Daniel ([7]), de rameaux de *C. monogyna* sortis d'une branche de + *C. M. Asnieresii.*

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques caryobiologiques sur l'évolution de l'appareil nucléolaire.* Note de MM. **Georges Malvesin-Fabre** et **Jean Séchet**, transmise par M. Pierre Dangeard.

La comparaison des observations réalisées récemment par chacun de nous sur deux matériels différents (*Limodorum abortivum* et divers *Iris*) ayant fait ressortir des conclusions concordantes, nous en présentons la synthèse quant à l'appareil nucléolaire et son évolution dans la vie cellulaire. Ces constatations nouvelles rejoignent celles effectuées par l'un de nous chez les Aracées; elles acquièrent donc une certaine généralité.

Dans les méristèmes, l'appareil nucléolaire comporte un ou plusieurs nucléoles de forte taille, colorables avec intensité. Mais, dans les tissus adultes, son volume est plus réduit, le nucléole est souvent unique, sauf dans les noyaux plus ou moins fusiformes des cellules allongées. Là, au cours de l'élongation concomitante de la cellule et du noyau, un étirement progressif du nucléole est suivi d'une rupture en deux masses, qui, ensuite, deviennent sphériques.

Dans un même organe, et après action du même fixateur, la colorabilité du nucléole est moins intense dans les cellules différenciées.

Les différences d'ordre morphologique entre les nucléoles des deux catégories de noyaux sont expliquées par les faits observés dans la mitose.

Pendant l'anachromase, la sidérophilie du matériel chromatinien s'accroît graduellement à mesure que se résorbe l'appareil nucléolaire, et c'est à la disparition morphologique de cet appareil qu'elle atteint son maximum.

Tout au début du processus mitotique, le nucléole présente souvent une déformation pouvant aller jusqu'à un véritable aspect amiboïde; parfois même certains pseudopodes sont oligochromatiques. Ailleurs, la déformation s'accompagne d'une diminution générale de la chromaticité.

A un stade variable de la mitose et après un comportement qui diffère suivant les cas, le nucléole se résorbe plus ou moins complètement. Parfois un résidu nucléolaire persiste parmi les chromosomes sur lesquels il semble bien que se soit fixée la majeure partie de la substance du nucléole. Il y a parallé-

---

([6]) C'est ce que Seelinger a appelé + *Cratægomespilus Langei.* Des rameaux analogues seraient apparus sur un + *C. M. Asnieresii* à Anzig, près Metz, suivant L. Daniel (*Rev. bot. bret.*, 1930, p. 1084) et à Bologne suivant A. Manaresi (cité par L. Daniel, *Rev. bot. bret.*, 1930, p. 1084).

([7]) In *Rev. bot. bret.*, 1930, p. 1083.

lisme entre ces deux processus : résorption de l'appareil nucléolaire, édification des chromosomes. S'il persiste un résidu nucléolaire après l'anachromase, c'est que la masse des ribonucléoprotéides dépassait le quantum normal correspondant à celle des désoxyribonucléoprotéides. Ce surplus sera quand même utilisé au moment opportun.

En anaphase on peut voir un ou plusieurs éléments nucléolaires se porter au pôle avant même le lot chromosomique et ne se résorber qu'au cours du tassement polaire. Ce dernier stade ne peut être étudié avec fruit qu'en utilisant parallèlement l'hématoxyline ferrique, la réaction nucléale de Feulgen et la double coloration de Yu.

Dans chaque masse polaire on constate que les chromosomes présentent à la fois les colorations de la chromatine et celles du nucléole, alors que celui-ci a disparu en tant qu'organite individualisé. Sa substance dispersée s'est annexée d'une part aux chromosomes raccourcis et tassés et d'autre part à une masse générale à la fois Feulgen-positive et sidérophile comme les chromosomes qu'elle englobe.

Autour de ces derniers, cette sorte de magma interstitiel et enveloppant représente en même temps une diffusion partielle de la chromatine et une diffusion totale de la substance nucléolaire. Cette dernière est ainsi momentanément en contact direct avec le cytoplasme ambiant et cela, en un état d'extrême division très favorable à un rôle catalytique. C'est alors que les ribonucléoprotéides du nucléole ont la possibilité maxima d'agir sur le cytoplasme au moment même où celui-ci doit accroître sa masse protéique afin que la cytodiérèse puisse normalement suivre la caryodiérèse en cours.

Cette observation concorde avec les conceptions récentes des biochimistes sur le rôle du nucléole considéré par Caspersson (1939 et 1941) comme une des *machines à élaborer les protéines*, et par Brachet (1942 et 1944) comme le *siège d'une intense synthèse des protéines*. Nos constatations d'ordre cytologique, effectuées sur du matériel végétal, apportent donc une confirmation aux considérations de la biochimie moderne basées essentiellement sur l'étude du matériel animal.

Dans certains cas, on peut constater en outre la perte de menus fragments Feulgen-négatifs et sidérophiles formant ensuite des extrusions nucléolaires dans le cytoplasme des cellules-filles.

A la catachromase, la sidérophilie toujours très forte de l'ensemble chromatinien ne diminue qu'au fur et à mesure de la réapparition des nucléoles. Pendant la télophase et toujours grâce à la double coloration de Yu on suit, dans la masse polaire, la naissance de nucléoles élémentaires au moment où s'organise le *reticulum chromatinien*. Ces nucléoles primaires, en nombre variable, mais égal de part et d'autre, se forment en position symétrique dans les deux noyaux-fils et sont tout d'abord d'importance équivalente. Puis, certains d'entre eux se résorbent graduellement, tandis qu'au contraire on en voit s'accroître un (ou deux) symé-

triques dans les deux noyaux. Il n'y a jamais fusion directe, mais une suite d'actions métaboliques localisées désintégrant la substance nucléolaire en certains points et la reconstituant en d'autres. Si deux nucléoles subsistant dans chaque noyau sont de taille inégale, ceux d'importance équivalente sont symétriques dans les deux noyaux-fils. Il y a donc un double déterminisme quant à leur position et à leur potentialité trophique.

Notons qu'en fin de catachromase, le nucléole peut subir une déformation comme au début de l'anachromase.

Le nucléole ne nous apparaît plus comme un élément passif et énigmatique, mais comme un organite essentiellement actif, jouant un rôle important dans le métabolisme du noyau et dans celui de la cellule tout entière. Cette constatation est éclairée par les données de la biochimie générale qui considère le nucléole comme formé par des histones et par des nucléoprotéides à acide ribonucléique dont les importantes propriétés catalytiques s'appliquent essentiellement à la protéogénèse. Il n'est pas exclu de penser qu'il joue également un rôle dans les oxydations vitales.

CHIMIE AGRICOLE. — *Équilibres auxquels donne lieu dans le sol la fixation de potassium à l'état non échangeable.* Note de M. **Georges Barbier** et Mlle **Marcelle Durroux**, présentée par M. Albert Demolon.

Il est établi que la plupart des sols ont la faculté de fixer du potassium à l'état non échangeable. R. Chaminade a montré que ce phénomène est la conséquence d'une pénétration d'ions K à l'intérieur de particules minérales [1]. Mais on peut se demander s'il en résulte un blocage définitif de ces ions, ou si au contraire ils sont susceptibles de reprendre l'état échangeable, par un retour à la surface des grains. *A priori*, cette deuxième hypothèse est plausible. En effet, si la fixation de K à l'état non échangeable n'était pas limitée par une réaction inverse, elle pourrait devenir totale; or, les sols ne recevant pas d'engrais potassiques conservent indéfiniment sous forme échangeable une fraction du potassium qu'ils renferment; ce fait suggère qu'un équilibre s'établit entre les ions K échangeables et ceux actuellement non échangeables.

Nos expériences ont porté sur un sol de limon en place naturellement pauvre en K échangeable (0,1 K_2O ‰), qui reçoit tous les ans depuis 1928 250^{kg} K_2O par hectare et par an, à l'état de chlorure ou du sulfate. La fraction demeurée échangeable (épuisement par une solution d'un sel neutre) du potassium appliqué chaque année, diminue peu à peu au cours des années suivantes, mais elle tend vers une limite stable, soit 30 à 25 %.

Une petite quantité de terre (25^g) a d'abord été lessivée par une solution de $CaCl_2$, puis conservée humide pendant un temps variable, et ensuite épuisée

(1) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 682-684.

par une solution d'acétate d'ammonium, qui a extrait les quantités suivantes de K_2O ‰ de terre :

	Après un repos de :		
	1 jour.	15 jours.	33 jours.
Parcelle à KCl 1947	0,068	0,088	0,105
Parcelle témoin 1947	0,045	0,067	0,073

Il se reforme donc lentement du potassium échangeable, et davantage dans la terre qui en a fixé antérieurement à l'état non échangeable.

Par ailleurs, nous avons constaté que cette régénération de K échangeable est favorisée par des alternances de dessiccation et d'humectation du sol :

Après épuisement du sol par une solution d'acétate d'ammonium.	K_2O devenu échangeable (‰ de terre).	
	Parcelle témoin.	Parcelle KCl.
Dessiccation à 40°, puis réhumectation (2 fois)	0,021	0,029
Sans dessiccation, même température	0,007	0,013
Dessiccation à 20°, puis réhumectation (2 fois)	0,008	0,015
Sans dessiccation	0,004	0,004

Or, les mêmes alternances de dessiccation et d'humectation favorisent considérablement le passage à l'état non échangeable de K récemment incorporé au sol : la terre témoin, imprégnée d'une solution de KCl (1,0 K_2O ‰), puis desséchée deux fois à 40°, a cédé au cours de l'épuisement ultérieur par l'acétate d'ammonium 0,387 K_2O ‰, au lieu de 1,05 en l'absence de dessiccation. Ainsi la même cause favorise (ou accélère) tantôt le passage de K échangeable à l'état non échangeable, tantôt le passage inverse, selon que la surface des minéraux absorbants a été récemment chargée ou déchargée d'ions K.

Dans le même ordre d'idées, nous avons constaté que les humates calciques adsorbés par l'argile entravent (ou ralentissent) aussi bien le passage à l'état non échangeable de K récemment incorporé, que le passage à l'état échangeable de K préexistant.

On pourrait objecter que la régénération de K échangeable est la conséquence d'une attaque superficielle de l'argile. Or, le passage de SiO_2 en solution n'est pas notablement accru par les alternances de dessiccation et d'humectation; par ailleurs dans nos expériences le rapport de K_2O devenu échangeable à SiO_2 passé en solution est d'environ 0,15 alors que le même rapport dans l'argile ne dépasse pas 0,05.

Conclusion. — Les faits observés peuvent s'interpréter en admettant que des mouvements d'ions K ont lieu dans les particules d'argile, vers l'intérieur ou vers l'extérieur, selon que les surfaces externes sont plus ou moins chargées d'ions K par rapport aux surfaces internes. La fixation de K à l'état non

échangeable ne peut donc pas être considérée comme conduisant à son inactivation définitive dans le type de sol étudié. Néanmoins, la régénération de K échangeable est un phénomène lent; elle n'a pas été largement favorisée par des applications même massives d'engrais potassiques.

PÉDOLOGIE. — *Fermentation des matières organiques, et dynamique chimique du sol.* Note de M. **René Betremieux**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons signalé antérieurement [1] le rôle important que l'on pouvait attribuer aux fermentations en ce qui concerne l'évolution du fer dans le sol. Nous étudierons ici l'aspect quantitatif des modifications chimiques du milieu accompagnant les phénomènes observés. Pour cela les éléments présents dans les filtrats obtenus par percolation quotidienne d'une solution de glucose et d'un sel d'ammonium sur des mélanges, en proportion variable, de terre et de sable siliceux, ont été dosés à divers intervalles de temps. Ces éléments ont donc été dissous sous l'influence des fermentations.

Le tableau I donne, en pour mille de la terre contenue dans le mélange, les quantités totales de SiO_2, Fe_2O_3 et CaO dans le filtrat. A titre d'exemple le tableau II indique de quelle façon s'effectue l'élimination au cours du temps pour deux des essais du premier tableau.

Au cours de la période initiale, la terre cède à peu près uniquement Ca; puis survient une période active pendant laquelle Ca et Fe sont entraînés simultanément. L'épuisement des réserves en Ca échangeable est rapide. Celui-ci n'est pas seulement la conséquence d'un échange des cations de la terre contre NH_4 du sulfate neutre, mais aussi de l'acidification du milieu due à la fermentation. En effet, la solution sucrée étant neutre et la terre légèrement alcaline, le pH du filtrat descend rapidement à 5 pour se stabiliser ensuite aux environs de 4 (il reste voisin de la neutralité dans l'essai en présence de calcaire). D'autre part, l'échange seul n'élimine, au cours de la période de démarrage, qu'une faible quantité de Ca par rapport à celle qui est dissoute pendant la période active qui suit. Fe s'élimine abondamment pendant un temps plus long que Ca; après 45 jours, la vitesse de dissolution de ces éléments est très ralentie.

Après la période de démarrage, où elle n'est dissoute qu'en très petite quantité, la silice est solubilisée en quantité à peu près constante pendant le reste de l'expérience (2 à 3^{mg} par jour). Il s'ensuit que le rapport SiO_2/Fe_2O_3, inférieur à 0,5 pendant la phase active de solubilisation de Fe, dépasse ensuite rapidement 1 et peut atteindre 2 et plus à la fin d'essais poursuivis pendant 3 mois. Cependant, ce rapport est faible pour l'ensemble de l'expérience et, au total, il s'est éliminé beaucoup plus de fer que de silice.

Les résultats donnés au tableau I varient beaucoup d'un essai à l'autre;

---

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1393.

toutefois, l'allure générale du phénomène reste la même. La terre est rapidement décalcifiée et cède une grande quantité de fer qui représente une fraction importante pouvant atteindre la presque totalité du fer libre qui est de l'ordre de 15 à 20 ‰. Quant à la silice, la prolongation de l'expérience en augmente notablement la quantité dissoute qui demeure néanmoins très inférieure à celle qui est extraite lors du dosage de l'oxyde de fer libre par la méthode oxalique (quantité sensiblement égale à celle du fer libre). Cette silice étant considérée comme liée assez étroitement à l'hydroxyde et devant se déplacer avec lui ([2]), il apparaît donc que, par réduction biologique, le fer puisse se désolidariser de son protecteur habituel.

Tableau I ([3]).

Essai n°	Composition du mélange (terre %) ([5]).		Durée de l'essai (jours) ([4]).	‰ de la terre du mélange. SiO_2.	Fe_2O_3.	CaO.	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$.
1.......	20 (base immergée)		67	1,67	18,9	7,65	0,09
2.......	20	drainage libre	68	1,35	12,9	6,65	0,11
4.......	10	drainage libre	106	2,85	9,15	10,0	0,31
5.......	10	drainage libre	53	1,37	6,2	13,6	0,22
6.......	10 + 20 % craie	drainage libre	90	2,38	9,4	82,5	0,25

Tableau II ([3]). — *Oxydes dans le filtrat exprimés en milligrammes par essai.*

Essai n°	Périodes successives. Durée en jours ([5]).	Essai n° 1. SiO_2.	Fe_2O_3.	CaO.	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$.	Essai n° 2. SiO_2.	Fe_2O_3.	CaO.	$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$.
1.......	10	1	traces	47	–	1,3	traces	79,5	–
2.......	10	25	786	450	0,03	14,8	478	362	0,03
3.......	7	10	333	53,8	0,03	8	289	25,5	0,03
4.......	7	14,5	186	20,2	0,08	15	141,2	17,9	0,10
5.......	11	20,5	146,7	17,2	0,14	24	91,2	16,8	0,26
6.......	8	23,3	34,3	11,2	0,68	21	12,8	14	1,64
7.......	7	22,6	13,9	9,4	1,63	14	9,6	12,3	1,46
8.......	7	17	9,1	–	1,87	10	7,2	–	1,39
Total.	67	134	1509	609	0,09	108	1029	528	0,11

Si, dans ces essais de laboratoire, les conditions sont particulièrement favorables à l'obtention d'effets intenses et rapides, nous pouvons néanmoins penser

([2]) G. Barbier, *Bull. Assoc. Fr. Ét. du Sol*, 1936, p. 283.

([3]) 400g de mélange; tubes de 50mm de diamètre, 150mm de hauteur.

([4]) Terre de l'horizon B d'un sol de limon contenant environ 20 % d'argile et sable siliceux à grains de diamètre compris entre 0mm,2 et 0mm,5.

([5]) Nombre de jours où l'alimentation, à raison de 15cm³ de la solution de glucose à 5 % et de $SO_4(NH_4)_2$ à 0,5 %, est possible.

que, dans la nature, des phénomènes semblables produisent des effets analogues malgré un rythme différent et des disponibilités en matières organiques beaucoup plus faibles. D'ailleurs la répartition de la matière organique dans le sol est très inégale, et localement, sa concentration peut être assez grande pour que son action soit considérablement et visiblement accrue, témoins ces vieilles racines qui provoquent autour d'elles une formation intense de gley souvent visible le long de leur trajet.

Mais la question se pose de savoir sous quelle forme préexistaient les éléments solubilisés, en particulier le fer. Les oxydes de fer plus ou moins cristallisés sont particulièrement sujets à une réduction et une solubilisation rapides. Cependant, il n'est pas exclu de penser que les fermentations puissent attaquer aussi des formes d'oxydes bien cristallisées, hématite par exemple, et même des minéraux bien définis tels que phlogopite et glauconie. Dans ces conditions, les fermentations pourraient intervenir d'une façon sensible dans l'altération des minéraux et des roches.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Accommodation de l'œil en lumière blanche et en lumière monochromatique.* Note de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

J'ai signalé dans une Note précédente (1) que la longueur d'onde de mise au point de l'œil en lumière blanche variait avec l'état d'accommodation : lorsque l'œil regarde un point blanc éloigné, il se trouve au point pour les radiations rouges, tandis que lorsqu'il accommode sur un point blanc rapproché, il se trouve au point pour les radiations bleues. J'avais dit que ce phénomène devait permettre à l'œil, grâce à son aberration chromatique, d'économiser notablement son effort d'accommodation en lumière blanche. Effectivement j'ai pu vérifier expérimentalement d'une part que l'effort d'accommodation fourni par l'œil est moindre lorsque le test est éclairé en lumière blanche que lorsqu'il est éclairé en lumière monochromatique, et d'autre part que l'amplitude d'accommodation de l'œil est plus grande en lumière blanche qu'en lumière monochromatique.

J'ai mesuré par voie photographique la dimension des images de Purkinje obtenues par réflexion sur la face avant du cristallin, en vision de loin et en vision de près, le test étant éclairé successivement en lumières bleue, rouge et blanche. La grandeur de l'image, inversement proportionnelle au rayon de courbure de la face avant du cristallin, peut servir de mesure à l'effort d'accommodation fourni par l'œil. Voici les résultats obtenus sur deux

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1156.

observateurs (les chiffres indiqués sont proportionnels à la grandeur de l'image de Purkinje) :

Observateur A. I.

	Test à 2 m.	Test à 20 cm.	(*).
Lumière bleue................	20,1	13,45	1,49
» rouge................	18,3	12,4	1,47
» blanche..............	18,6	13,75	1,35

Observateur J. M.

	Test à 50 cm.	Test à 15 cm.	
» bleue................	34,2	24,95	1,37
» rouge................	33,3	23,6	1,41
» blanche..............	33,3	25,45	1,30

(*) Rapport des grandeurs des images obtenues en vision de loin et en vision de près.

On voit que la variation de la grandeur de l'image de Purkinje, traduisant l'effort d'accommodation nécessaire, est moindre en lumière blanche qu'en lumières bleue ou rouge. En vision de loin, l'image de Purkinje obtenue en lumière blanche est sensiblement la même que celle obtenue en lumière rouge ([2]), ce qui correspond au fait que la longueur d'onde de mise au point se trouve dans le rouge pour l'œil désaccommodé. En vision de près, l'image de Purkinje obtenue en lumière blanche est légèrement plus grande que celle obtenue en lumière bleue, ce qui correspond au fait que pour l'œil accommodé, la longueur d'onde de mise au point est plus courte que celle de la lumière bleue utilisée. Pour une distance donnée du test, l'image obtenue en lumière bleue est évidemment plus grande que celle obtenue en lumière rouge, par suite de l'aberration chromatique de l'œil.

Par ailleurs, j'ai mesuré l'amplitude d'accommodation de l'œil à l'aide d'un optomètre de Badal ([3]), le test étant éclairé successivement en lumières bleue, rouge et blanche.

Voir à la page suivante les résultats obtenus sur deux observateurs :

L'amplitude d'accommodation obtenue en lumière blanche est supérieure de près de 1 dioptrie à celles obtenues en lumières bleue ou rouge, grâce à la variation de la longueur d'onde de mise au point accompagnant l'accommodation.

([2]) Par *obtenue en telle lumière* il faut entendre *le test regardé étant éclairé en telle lumière*. Les deux points lumineux dont la face avant du cristallin fournit une image de Purkinje, eux, sont évidemment toujours blancs.

([3]) La méthode subjective de Badal est monoculaire et ne favorise guère le relâchement de l'accommodation. On améliore très sensiblement les mesures en faisant regarder à l'œil non étudié un point lumineux éloigné. Si de plus cet œil est hypermétrope, il faut prendre soin de placer devant lui un verre convergent. Toutes ces précautions doivent être prises si l'on veut retrouver les résultats exposés dans cette Note.

Observateur A. I.

	Proximité du punctum en dioptries. Remotum.	Proximum.	Amplitude d'accommodation en dioptries.
Lumière bleue	—0,1	—6,7	6,6
» rouge	0,8	—5,6	6,4
» blanche	0,6	—6,75	7,35

Observateur G. R.

	Remotum.	Proximum.	Amplitude
» bleue	1,3	—4,2	5,5
» rouge	2,1	—3,6	5,7
» blanche	1,9	—4,7	6,6

ZOOLOGIE. — *Un infusoire apostome parasite d'un polychète* : Cyrtocaryum halosydnæ, n. gen., n. sp. Note (*) de M. **Emmanuel Fauré-Frémiet** et Mlle **Hélène Mugard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Cyrtocaryum halosydnæ n. gen., n. sp., est, à l'état de trophonte, un Infusoire Astome, montrant l'aspect extérieur et la ciliature homogène des *Anoplophrya*; son macronucléus est réticulé comme celui des trophontes de *Fœttingeria*; libéré dans l'eau de mer, il ne s'enkyste pas et se multiplie à l'état libre, suivant un mode palintomique comportant la différenciation d'un champ ciliaire buccal étroitement comparable à celui des Apostomes; ce champ régresse, chez les tomites thigmotactiques, sans qu'il y ait apparition de la rosette caractéristique des *Fœttingeriidæ*.

Trophonte. — *C. halosydnæ* se trouve à l'état de trophonte dans les cœcums latéraux du tube digestif de *Halosydna gelatinosa* (1); très nettement piriforme, il mesure 90 à 120µ de long sur 65 à 80µ de large. Sa ciliature comporte un peu plus de 60 cinéties bipolaires spiralées, toutes apparemment semblables; on n'observe aucune trace de *rosette*, ni d'un dispositif buccal fonctionnel ou résiduel. Les cils de la région antérieure sont fortement thygmotactiques et immobilisent l'Infusoire au contact des surfaces solides.

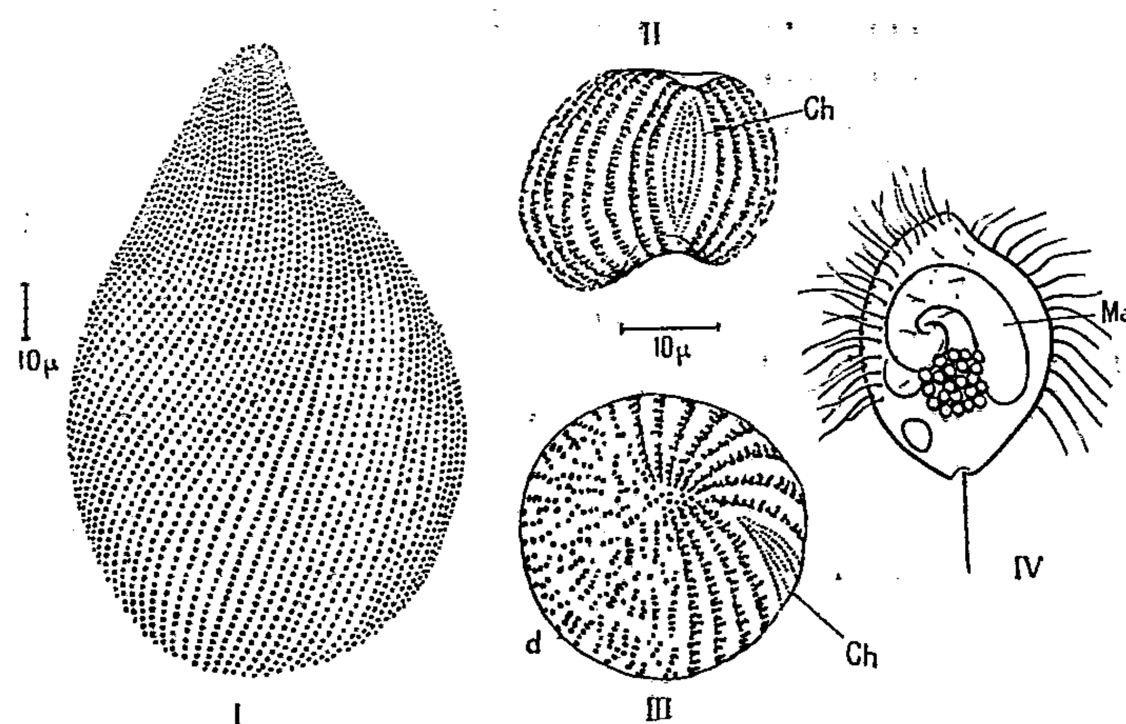
L'appareil nucléaire est constitué par un macronucléus réticulé, comme chez l'Apostome *Pericaryon cesticola*, formant une sorte de cage sphérique et, probablement, par un micronucléus. Le cytoplasme est encombré, à l'intérieur de la cage nucléaire, par des métabolites, tels que des gouttes huileuses osmioréductrices et des vacuoles colorables par le rouge neutre, rassemblées en un gros amas sphéroïdal sombre. Le trophonte se divise,

(*) Séance du 23 mai 1949.

(1) Exemplaires recueillis près du Laboratoire de Concarneau.

dans les cœcums, par bipartitions légèrement inégales, comportant le partage, sans condensation préalable, du réseau macronucléaire.

Multiplication palintomique. — Les trophontes isolés dans l'eau de mer filtrée, après dissection et dilacération des cœcums, nagent activement ou s'immobilisent temporairement sur les interfaces; ils commencent ensuite, sans subir d'enkystement, une multiplication palintomique active. Celle-ci conduit à la formation de chaînes de huit à seize individus subsphériques, adhérentes aux surfaces solides, fragiles, et rapidement dissociées par les mouvements actifs de natation.



Cyrtocaryum halosydnæ. I. Infraciliature du trophonte. — II. Tomonte de 3e ou 4e génération montrant le champ buccal *ch*. — III. tomonte vu par le pôle antérieur; champ buccal *ch*, entouré par les cinéties permanentes; cinéties disloquées sur la face dorsale *d*. — IV. Tomite observé *in vivo*; soie caudale; macronucléus *Ma* en boudin; petit amas de globules réfringents.

La taille des individus diminue au cours de cette multiplication, mais le nombre des cinéties ne varie pas et aucune différenciation ne se manifeste dans la ciliature, tant que le diamètre des tomontes reste supérieur à 45μ. Par contre, lorsque les divisions suivantes font descendre ce diamètre au-dessous de 40μ, on voit se former, à partir d'une cinétie que l'on considérera comme ventrale, un champ de cinétosomes, puis cinq ou six fines et courtes cinéties rapprochées, formant un système étroitement comparable au champ buccal décrit chez les Apostomes par Chatton et Lwoff. Dès ce moment, les cinéties dorso-latérales se disloquent en courts tronçons, dont les cinétosomes se disperseront bientôt en désordre, tandis que persistent, de part et d'autre du champ buccal néoformé, quelques cinéties permanentes, dont le nombre est, dès lors, notablement réduit; après une nouvelle division, ces cinéties prennent une structure finement pectinée et une orientation méridienne.

Tomites. — Les tomites sont de très petits Infusoires, mesurant à peine 20μ de long sur 16μ de large, de forme dissymétrique, avec une gouttière antérieure correspondant au champ buccal, dont l'infraciliature n'est plus repré-

sentée que par quelques granules. Le pôle postérieur montre une large surface glabre portant, au centre, une longue soie caudale. Les tomites sont fortement thigmotactiques et s'immobilisent fréquemment; mais ils répondent au moindre choc par un brusque mouvement de nage rapide. Il reste à savoir si les tomites subissent une transformation phorétique sur quelque Crustacé, avant d'infecter *Halosydna*.

Position systématique. — Chatton et Lwoff remarquent, à propos de la ciliature buccale montrée par les tomites de *Chromidina*, que « ces faits fournissent le premier exemple de la résurgence d'un appareil buccal chez un Astome, et imposent d'en rechercher l'existence dans les *bourgeons* des *Anoplophryidæ* ». Le cas de *Cyrtocaryum* est intéressant à cet égard, si l'on rappelle que la ciliature, l'aspect extérieur, le parasitisme intestinal chez une Annélide, permettraient de classer cet Infusoire dans le genre *Anoplophrya* (²), tandis que la structure de son macronucléus, le processus palintomique, la structure du champ ciliaire ventral, etc., montrent en lui un Apostome *très voisin* des *Chromidina*, et appartenant de ce fait à la famille des *Chromidinidæ*. Les Infusoires Astomes sont depuis longtemps considérés comme formant un groupe artificiel. Les genres *Chromidina*, et mieux encore *Cyrtocaryum*, montrent que des formes anoplophryennes peuvent dériver d'Infusoires apostomes, par régression de l'appareil buccal et accroissement, chez le trophonte, du nombre des cinéties.

BIOLOGIE. — *Sur le mécanisme des effets provoqués chez les cobayes gravides et leurs fruits par des hydrocarbures cancérigènes.* Note de Mme **Véra Dantchakoff** et M. **J.-L. Nicod**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les hydrocarbures polycycliques (benzopyrène et méthylcholanthrène) introduits dans le cobaye gravide (¹) ne lui ont pas été indifférents. On voit des capillaires se dilater autour du foyer d'intervention, des globules blancs émigrer, des histiocytes se mobiliser, réactions à effets chimiotactiques positifs. Des cellules succombent, d'autres déploient leur capacité régénératrice. Tout en resterait là, si l'intervention ne se répétait pas. Or, les nouvelles lignées cellulaires se montrent plus résistantes aux effets nocifs d'une nouvelle intervention. Il y en a qui succombent encore, mais d'autres, toujours plus nombreuses, sont activées, tout particulièrement dans leur métabolisme synthétique, ce qui aboutit inéluctablement à des processus prolifératifs.

Inoffensifs d'abord, *ces processus troublent néanmoins les corrélations normales*

(²) *C. halosydnæ* ressemble beaucoup à l'*Anoplophrya Clignyi* (Cépède) des *Pomatoceros* dont les cinéties sont spiralées.

(¹) *Comptes rendus*, 227, 1648, p. 276 et 228, 1949, p. 1382 et 1525.

entre les tissus qui s'affrontent dans le foyer atteint. Souvent des papilles épidermiques se ramifient et forment des excroissances verruqueuses, insuffisamment protégées par une surface cornée et facilement ulcérables. Des petits amas de cellules stimulées et en mitoses apparaissent, si le foyer est profond, sans toutefois que se précise davantage l'antithèse entre tissus sains et atteints.

D'un présage inquiétant, cette réaction n'est pas encore nécessairement menaçante, les corrélations des tissus n'étant pas définitivement viciées, le métabolisme d'aucune des cellules atteintes n'ayant encore abouti à une phase, où une mitose donnera deux cellules-filles, identiques à elles-mêmes et à la cellule-mère, *conditions sine qua non d'une prolifération illimitée et non suivie de différenciation.*

On croit devoir admettre un stade critique dans l'évolution du cancer, un changement subit, que l'on compare à une mutation, terme emprunté à la génétique Morgano-Mendélienne et qui prête à une confusion notable. *Le passage du stade précancéreux à une cancérisation définitive*, s'échelonnant nécessairement sur une longue durée, *est* cependant *un état graduellement acquis*. provoqué par des *agents spéciaux, fortement stimulants*, à résultat fréquemment létal pour des cellules individuelles. La plupart des cellules sont douées de potentialités proliféralives; elles réagissent à des *facteurs cancérigènes variés*, exactement comme les ébauches sexuelles réagissent de la même manière et aux hormones naturelles, et à des substances chimiques artificielles. C'est là une *propriété inhérente aux cellules* que, bon gré, mal gré, nous devons accepter.

Ce n'est certainement pas la cellule atteinte lors de la première intervention qui demeure des années à attendre sa cancérisation, mais les *descendants de cellules épargnées*, qui, *à chaque nouvelle intervention, intensifient leur faculté régénératrice*, leur *pouvoir synthétique* devenant *toujours plus parfait* et *toujours moindre leur pouvoir de se différencier*. C'est-à-dire que, dans nos expériences, l'hémoblaste en mitose donnera deux cellules identiques à lui-même; et aucune déficience dans leur structure ne poussera ces cellules-filles à se transformer en érhythroblastes et à se rapprocher, de stade en stade, de la plaquette anucléée, l'érhythrocyte, apanage des Mammifères.

Aucun organite n'est nécessairement vicié dans un hémoblaste activé, dont le mécanisme mitotique aboutit à deux cellules-filles identiques à lui-même. Vigoureuses et agressives, celles-ci prennent le dessus dans l'équilibre stabilisé de l'organisme et se propagent au détriment du milieu tissulaire ambiant. La *cancérisation devient irréversible, lorsque les corrélations normales entre le groupe de cellules atteintes et leur milieu ambiant ont été définitivement rompues.*

La métaplasie de la rate, réalisée chez les cobayes gravides, a été provoquée par des hydrocarbures polycycliques introduits en injections sous-cutanées, véhiculés par le sang, ou déposés dans le tissu splénique, après avoir été ingérés par des phagocytes. Ces *substances cancérigènes* ont, d'autre part, *filtré à travers le placenta* de la mère gravide et, si elles ont été administrées en quantité suffi-

sante, ont rapidement tué le fruit. A dose soigneusement équilibrée, elles ont provoqué dans le fruit des altérations multiples, dont les manifestations dans le système hémopoiétique sont semblables à celles de la mère.

Le *passage des substances cancérigènes au travers du placenta* pourrait donc se révéler comme *un facteur important dans la transmission du cancer par la mère à son fruit*. Si ces substances, comme il y a lieu de le supposer, sont capables de modifier des facteurs essentiels dans le métabolisme de la cellule (pouvoir de produire des enzymes, des autocatalyseurs), *leurs effets pourraient se réaliser aussi bien dans le fruit, que dans la lignée germinale de ce dernier. On aurait alors trois étapes successives réalisant les effets néfastes de la présence des substances cancérigènes dans une femelle gravide.*

BIOLOGIE. — *Sur un cas de régénération anormale chez la Némerte* Lineus ruber β. Note (*) de M[lle] **Marie Gontcharoff**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que chez *Lineus ruber* β la polarité corporelle, antéro-postérieure est stricte. Dans les fragments de ce Ver, quelles que soient leurs dimensions, l'extrémité antérieure régénère toujours une tête, l'extrémité postérieure une queue et à ma connaissance, chez les *Lineidæ* aucune hétéromorphose n'a été signalée jusqu'ici. En août 1948, au cours d'une récolte dans l'ancien vivier du Laboratoire Arago (Banyuls-sur-Mer), j'ai recueilli un fragment semblant, d'après l'aspect général, appartenir à un *Lineus* β mais dont la détermination s'avérait difficile car il ne possédait ni tête, ni région caudale. Ce fragment était de couleur rose chair, lové en spires serrées, une extrémité paraissant cicatrisée, l'autre portant une plaie béante.

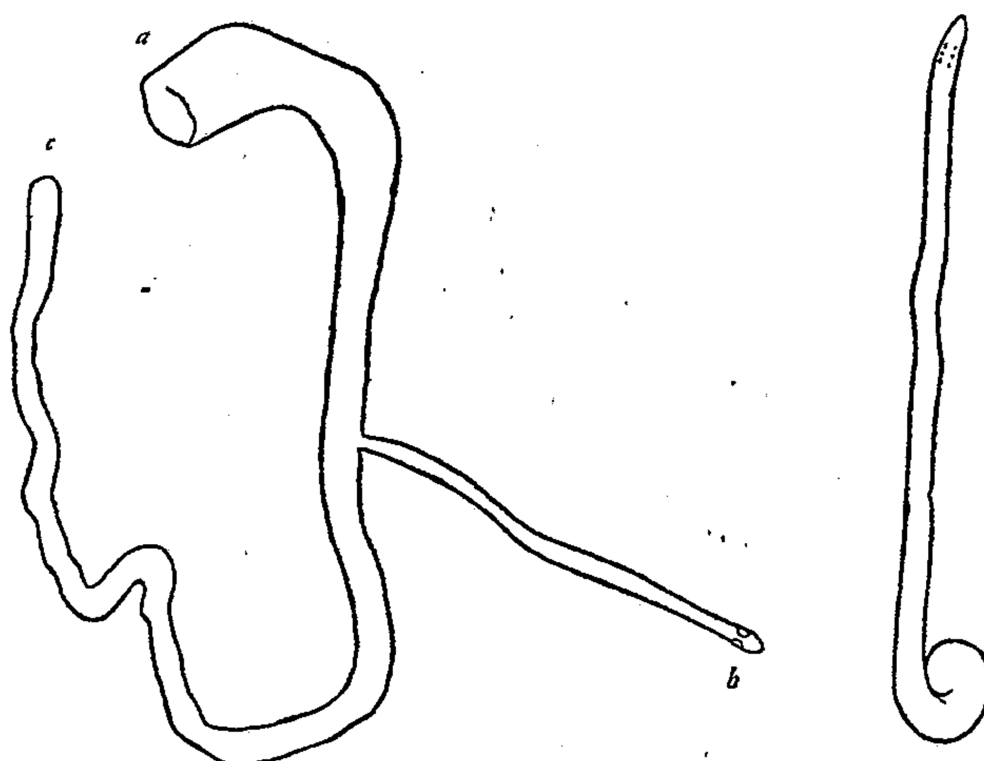
Examiné à la loupe binoculaire, l'animal se montrait peu mobile, contracté et réagissant mal à la lumière, mais présentait à la jonction des faces ventrale et dorsale une excroissance longue de 3-4^{cm} en extension, fine, mobile, perpendulaire au corps. L'extrémité libre de l'excroissance portait un bourgeon clair, bien apparent, ayant tout l'aspect d'une tête en régénération avec ébauche ganglionnaire déjà visible. Quatre jours plus tard, la plaie à l'une des extrémités du Ver n'est toujours pas cicatrisée.

La régénération de la jeune Némerte latérale se poursuit et s'achève rapidement, puis le Ver se détache de la souche emportant avec lui une partie du corps de la Némerte mère.

Dès ce moment, à l'extrémité qui présentait à l'origine une plaie béante et a fini par se cicatriser lentement sans bourgeonner, un bourgeon apparaît et une tête régénère à son tour dans les délais normaux.

(*) Séance du 23 mai 1949.

La Némerte détachée a conservé pendant longtemps une extrémité postérieure anormalement renflée et n'a acquis une forme normale que vers le mois de mars où nous l'avons alors fixée.



A gauche, aspect schématique du fragment récolté : *a*, extrémité antérieure; *b*, Némerte latérale; *c*, extrémité postérieure cicatrisée. — *A droite*, Némerte médiane libérée.

L'étude histologique montre une régénération complète, en même temps qu'une infestation parasitaire massive (Grégarines). Plusieurs essais effectués pour obtenir expérimentalement, dans les conditions semblables (sections simultanées ou successives des deux extrémités avec lésion latérale concomitante), une régénération latérale, n'ont donné aucun résultat. Si l'on se souvient que pour obtenir une Némerte bicéphale, il faut faire, non seulement, une section médiane antérieure, mais encore raviver tous les jours la plaie, sinon la cicatrisation sans régénération intervient, on comprend qu'il nous ait paru intéressant de signaler ce cas vraiment exceptionnel.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos de la clitocybine cristallisée.*

Note (*) de M. **A.-Charles Hollande**, transmise par M. Robert Courrier.

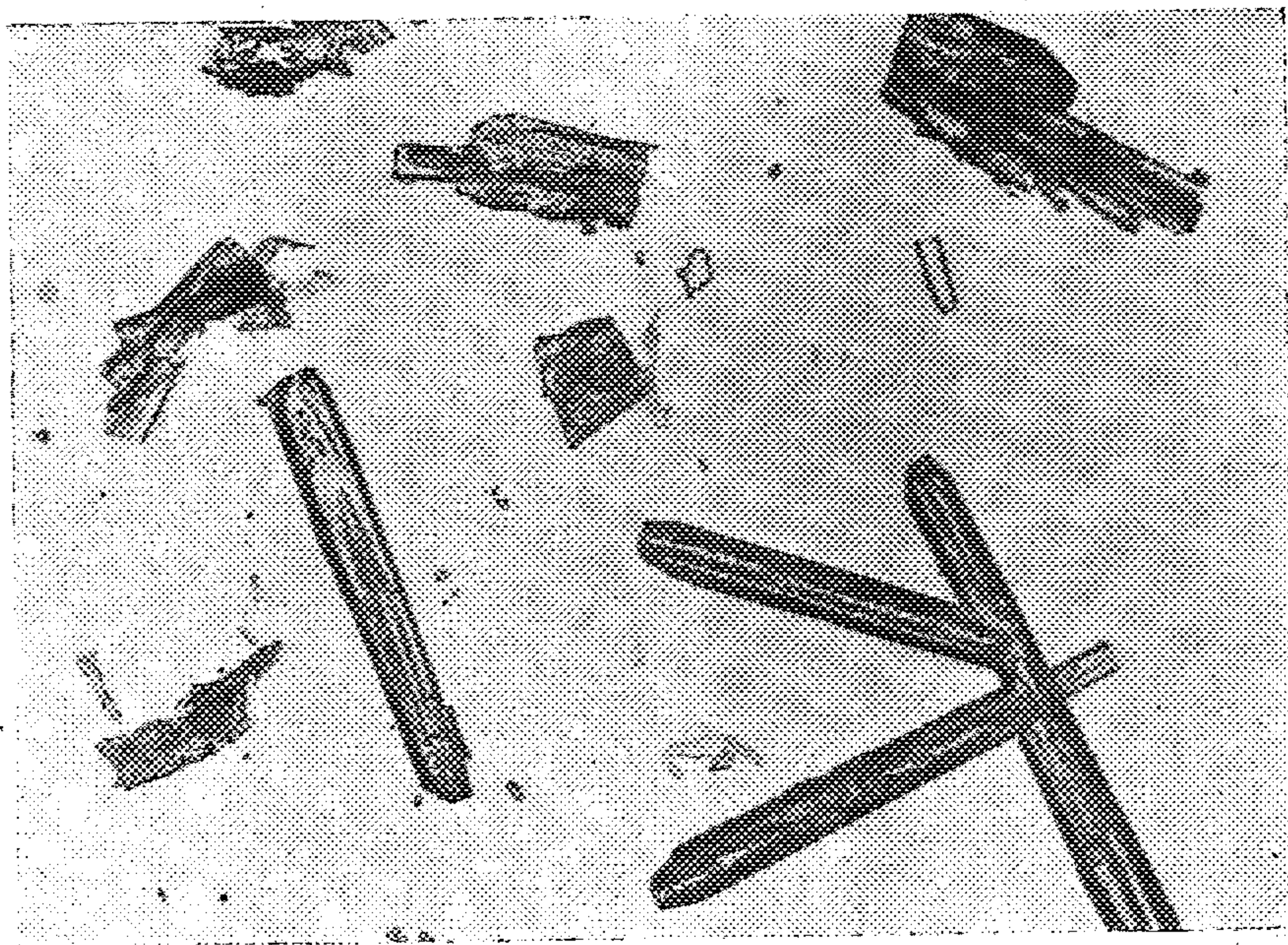
Je suis parvenu à extraire, par divers solvants, du *Clitocybe gigantea*, et de son mycélium de culture (milieu à base de son, carotte et autolysat de levure) la clitocybine à l'état de grande pureté et à l'obtenir cristallisée.

Les cristaux de clitocybine sont, en particulier, solubles dans l'éther sulfurique, l'alcool éthylique, l'acétone et l'eau. Ils fondent sur bain de mercure à + 77° et se resolidifient à + 71° (surfusion).

(*) Séance du 23 mai 1949.

Ils appartiennent au système orthorhombique dont les faces sont $m(110)$, $p(0,01)$ et $e^{x}(o, q, r)$ (¹).

Ils se présentent sous des formes diverses. Évaporée rapidement, la solution d'éther sulfurique donne des cristaux lamelleux, nacrés, en forme de dendrites, de plumes d'oie, d'éléments digités ; lentement évaporé, l'éther riche en clitocybine donne des cristaux épais, allongés (quelques millimètres), incolores, hyalins, transparents (*fig.* 1).



Cristaux de clitocybine.

Ces cristaux s'oxydent assez facilement à l'air humide en prenant une couleur ocrée ; ils deviennent alors moins solubles dans l'éther.

Lors de son extraction, la clitocybine est souvent accompagnée d'une substance pigmentée jaune ; cette impureté permet la transformation plus ou moins rapide des cristaux à l'air humide, en gouttelettes jaunes d'aspect huileux.

Les cristaux purs de clitocybine, très solubles dans l'eau, tachent les téguments humains en brun.

Ils présentent, ainsi que leur solution aqueuse, toutes les propriétés abiotiques de l'eau de macération du carpophore ou du mycélium de culture broyés.

Ils sont bactériostatiques vis-à-vis des bactéries influencées par la clitocybine A.

(¹) Données de M. le professeur Chatelain.

Les cristaux de clitocybine possèdent à la fois les propriétés des clitocybines A et B dont ils sont la source.

Envers le bacille tuberculeux, les cristaux de clitocybine, de même que leur solution aqueuse, sont bactériostatiques et batériolytiques. Ces propriétés disparaissent par chauffage des solutions à 100°.

Quelques cristaux déposés à la surface d'une boîte de Pétri où s'est développée en 48 heures à 37° une culture opalescente de BK humain (stade dit *forme jeune* du bacille A-R), déterminent autour deux, comme leur solution aqueuse, en 24 à 48 heures à 37°, une auréole claire, indice de la bactériolyse des bacilles vivants (²).

En injection sous-cutanée, deux centigrammes de clitocybine cristallisée (solution aqueuse) ne tuent pas le cobaye de 350g (absence de nécrose locale).

La clitocybine, dont la nature chimique est à l'étude, n'est pas une protéine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les antipodes optiques de l'histidine comme sources de carbone et d'azote pour diverses bactéries* (¹) (²). Note de M. Jacques Nicolle et Mlle Yvonne Joyeux, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Employant notre milieu synthétique habituel (³), nous avons utilisé les antipodes optiques de l'histidine, sous forme de monochlorhydrate, comme source de carbone ou comme source d'azote.

1. Avec les mêmes espèces bactériennes que celles signalées dans nos dernières Notes (⁴) (⁵), nous avons obtenu les résultats suivants :

1° *d(+) histidine, comme source de carbone ou d'azote.* — Aucune croissance n'a jamais pu être observée.

2° *l(—) histidine, et dl histidine*

Sources.	Espèces.	Résultats.
a. de carbone et d'azote	E. Coli, Morgan II, Paratyphique A, Eberth, Flexner, Shiga.	Aucune croissance
b. de carbone et d'azote	Gärtner, Pyocyanique, Friedländer, Subtilis.	Croissances normales
c. de carbone seulement	Typhi murium, Paratyphique B.	»
d. d'azote seulement	Protéus	»

N. B. Aucune expérience n'a été réalisée avec l'espèce Morgan I.

(²) Ce que ne fait pas la streptomycine non bactéricide, seulement bactériostatique.

(¹) Produits de la maison Hoffmann-La Roche, Paris.

(²) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(³) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur, Paris*, 67, 1941, p. 177.

(⁴) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 161.

(⁵) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1057.

2. Nous présentons ci-dessous des courbes de croissance d'une souche de Pyocyanique. Les mesures de densités optiques ont été réalisées au moyen de l'électrophotomètre Meunier.

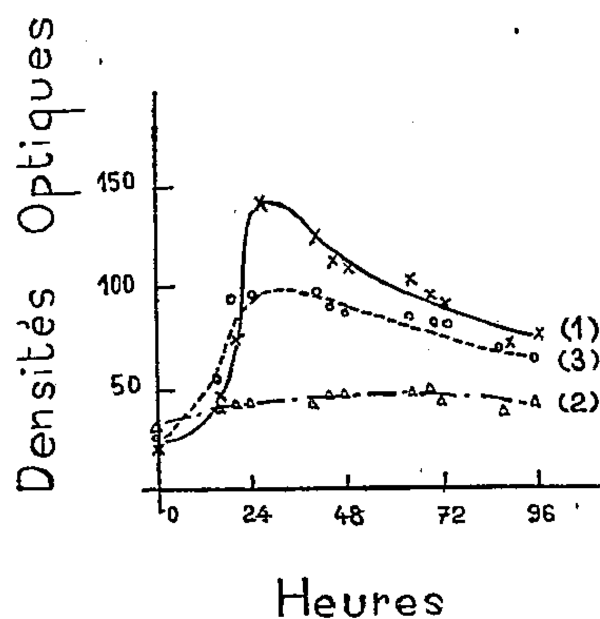


Fig. 1.

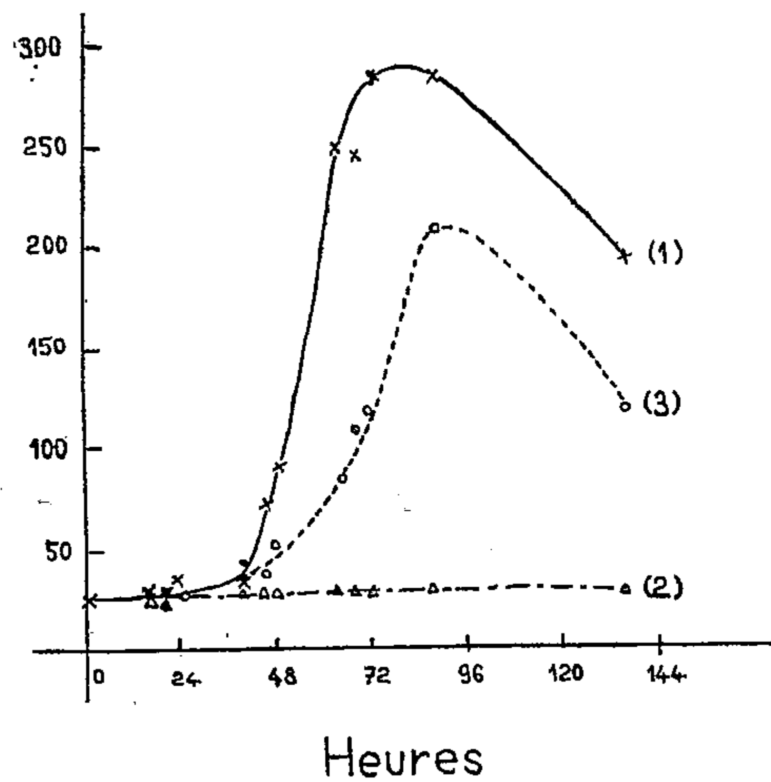


Fig. 2.

Fig. 1. — Souche de Pyocyanique.
Comme source de carbone : (1) *l* (—) histidine; (2) *d* (+) histidine; (3) *dl* histidine.

Fig. 2. — Souche de Pyocyanique.
Comme source d'azote : (1) *l* (—) histidine; (2) *d* (+) histidine; (3) *dl* histidine.

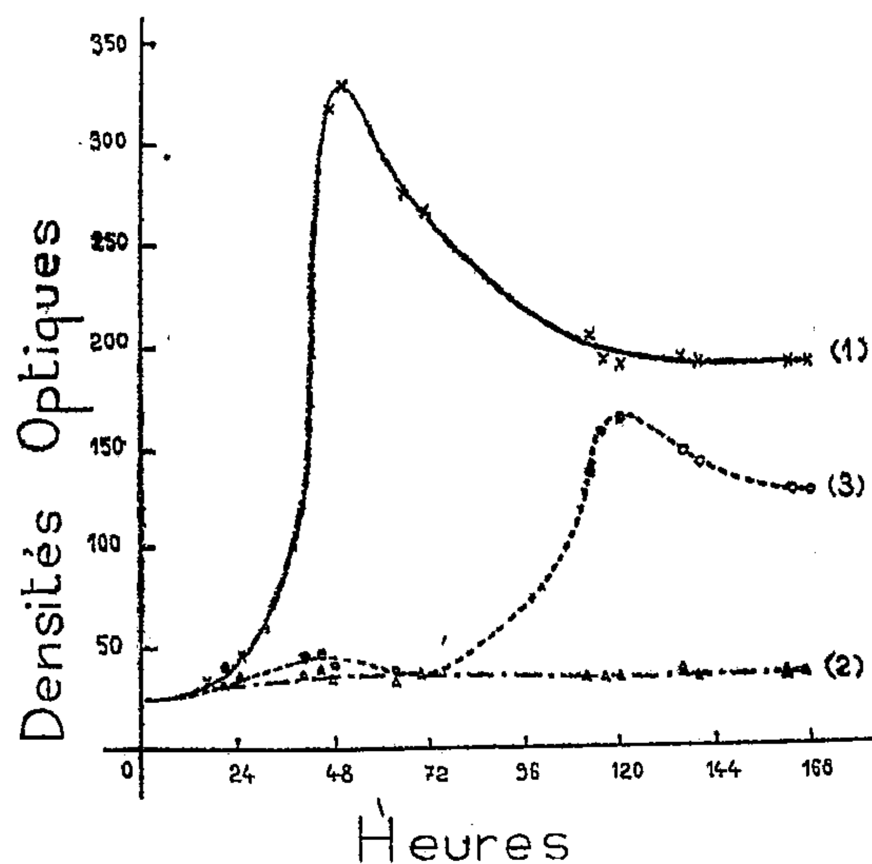


Fig. 3. — Souche de Pyocyanique.
Comme sources de carbone et d'azote : (1) *l* (—) histidine; (2) *d* (+) histidine; (3) *dl* histidine.

3. Nous avons essayé de voir si la $d(+)$ histidine avait une action empêchante sur la croissance des espèces cultivées normalement dans notre milieu synthétique avec le $d(+)$ glucose comme source de carbone. De nombreuses

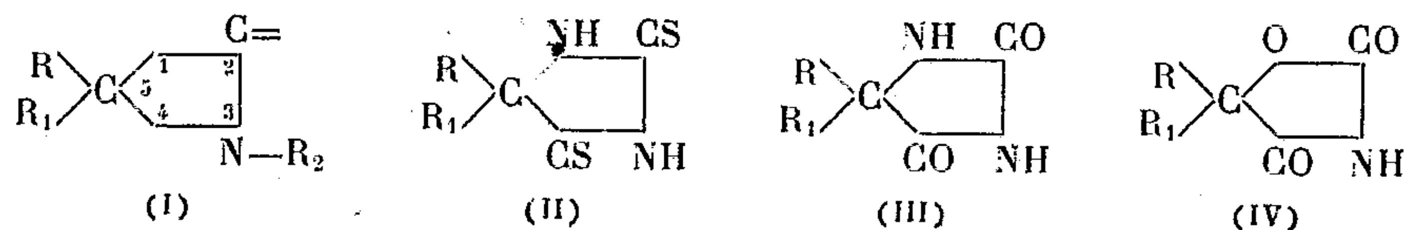
expériences réalisées avec des proportions croissantes de $d(+)$ histidine variant de 1^{mg} à 35^{mg} pour 5^{cm^3} de milieu, n'ont révélé aucune action sur les croissances qui se sont poursuivies normalement. Nous avons opéré avec diverses souches d'E. Coli et de Protéus.

4. Bien que n'ayant observé aucune croissance avec la $d(+)$ histidine, nous avons cherché si certaines espèces ne pourraient pas se développer après plusieurs passages successifs de E. Coli, de Typhi murium, de Pyocyanique, de Protéus, dans des milieux contenant comme source de carbone ou d'azote de l'histidine $d(+)$, mais n'avons jamais observé de développement.

Il semble donc résulter de l'ensemble de nos expériences que seul l'antipode naturel de l'histidine, c'est-à-dire celui de la série *l* soit susceptible d'être utilisé par les bactéries envisagées.

PHARMACOLOGIE. — *Action anticonvulsivante et structure moléculaire de quelques composés hétérocycliques pentagonaux.* VI. *Influence de la substitution en* 5. Note (*) de MM. **René Hazard, Jean Cheymol, Pierre Chabrier** et Mlle **Klaudia Smarzenwska**, transmise par M. Léon Binet.

Nous avons étudié déjà (1) dans le squelette fondamental [formule (I)]



l'influence de l'isostérie dans le noyau et l'influence réciproque des substitutions en 3 et 5. Retenant de ces travaux l'intérêt anticonvulsivant des dithiohydantoïnes, nous avons recherché l'influence de la méthylation et de l'iodométhylation au soufre en 2 et 4. Dans le présent Mémoire, nous envisageons, par rapport à la crise pentétrazolique chez le Lapin, les différences d'activité anticonvulsivante entraînées par les substitutions portant sur R et R_1 dans la série des dithiohydantoïnes [formule (II)]. Nous comparons ces résultats avec ceux que l'on obtient avec quelques dérivés des hydantoïnes [formule (III)] et oxazolidines 2-4 dione [formule (IV)] (2).

Le tableau résume les propriétés physiques des différents composés et les résultats pharmacologiques qu'ils ont fournis pour R ou R_1=H, CH_3, C_2H_5, C_6H_5 et cyclohexyl.

(*) Séance du 16 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1850, 2018; **227**, 1948, p. 312, 736; **228**, 1949, p. 958.

(2) Tous les produits sont injectés par voie intraveineuse à la dose de 50^{mg} par kg.

N° du corps.	Constitution.		Point de fusion.	Crise pentétrazolique nombre d'animaux.	protection (%).
	Série des 2-4 dithiohydantoïnes.				
32		dithiohydantoïne...	>300°	5	0
26	5-méthyl	» ...	225	4	0
7	5.5-diméthyl	» ...	142	66	100
17	5.5-méthyléthyl	» ...	147	18	100
24	5.5-diéthyl	» ...	151	6	100
33	5.5-méthylphényl	» ...	169	12	40
34	5.5-éthylphényl	» ...	167	32 (*)	60
29	5.5-diphényl	» ...	254	5	40
30	5-cyclohexyl	» ...	261	8	87
	Série des monothiohydantoïnes.				
9-10 (**)	5.5-diméthyl 2 ou 4 thiohydantoïne...		176 et 245	17	50
14	5.5-méthyléthyl-2-thiohydantoïne....		104	10	40
28	5.5-diphényl-2-thiohydantoïne......		235	7	28
	Série des hydantoïnes.				
6	5.5-diméthylhydantoïne.............		175	14	50
27	5.5-diphénylhydantoïne.............		295	5	0
	Série des oxazolidines 2-4 dione.				
1	5.5-diméthyloxazolidine 2-4 dione....		75	34	28
12	5.5-méthyléthyloxazolidine 2-4 dione.		31	11	20

(*) A la dose de 25 mg/kg seulement, la dose de 50^{mg} entraînant des crises parfois mortelles.

(**) 9 et 10 représentent les deux isomères de position en 2 et 4 pour —CO et —CS.

La dithiohydantoïne est inactive et toxique. La présence d'un méthyle diminue la toxicité sans faire apparaître d'efficacité. Les trois dérivés (7) diméthyl, (17) méthyléthyl, (24) diéthyl sont les plus anticonvulsivants des corps examinés (100 % de protection); mais l'allongement de la chaîne en 5 fait apparaître un effet hypnotique et exalte la toxicité (D. L 50 souris : (7), 350^{mg}; (17), 140 mg/kg; (24), 200 mg/kg) et paralysie du train postérieur chez le Lapin avec (17) et (24).

L'introduction d'un, puis de deux radicaux phényl diminue l'activité et augmente considérablement la toxicité; par exemple avec (33), les lapins font d'emblée une crise tonique pour 50 mg/kg, de l'ataxie pour 25^{mg} et de l'incoordination motrice pour 10^{mg}. La D.L 50 souris passe à 60^{mg} pour (33), 70^{mg} pour (34) et 80^{mg} pour (29). Par contre l'efficacité sédative persiste à dose faible 12,5 mg/kg pour (34) ([3]).

([3]) (34) est l'homologue dans la série de la dithiohydantoïne, du *nirvanol*, phényléthylhydantoïne.

Le dérivé diphénylé (29) prolonge les crises pentétrazoliques et laisse même chez les animaux protégés une fatigue persistante. Quant au dérivé cyclohexyl (30), il est peu toxique (D.L 50, 300 mg/kg); il assure un pourcentage de protection élevé, mais ne protège jamais complètement; les animaux restent très excités, effectuant des sauts sur place.

Il est intéressant de comparer dans les trois séries les dérivés diphénylés (29), (27) et (28), le dérivé dithio étant le plus actif, la diphénylhydantoïne inactive et le dérivé monothio intermédiaire entre les deux. Dans un autre Mémoire nous rapporterons leur activité différente sur la crise électrique. Tous trois ont une toxicité marquée entraînant des crises et laissant des paralysies persistantes du train postérieur, chez les lapins, avec (28) par exemple.

De la comparaison des dix-sept corps examinés, *sur la crise pentétrazolique*, il résulte que la substitution en 5 par des radicaux méthyl ou éthyl est plus favorable que par des radicaux phényl : toxicité moindre, activité plus grande. Comme nous l'avons montré parmi les composés étudiés dans des recherches antérieures, la diméthyldithiohydantoïne s'avère le corps le plus actif pour la toxicité la plus faible.

MICROBIOLOGIE. — *Le virus de la Peste aviaire du Maroc*. Note de MM. **Jean Verge**, **L. Placidi** et **J. Santucci**, présentée par M. René Leriche.

L'épizootie de Peste aviaire, qui sévit depuis plus d'un an et s'est généralisée à tout le Maroc, a permis des observations nombreuses, cliniques et nécropsiques, ainsi que des recherches expérimentales qu'il nous paraît intéressant de faire connaître.

D'une façon générale, on remarque que la contagion ne s'est pas étendue avec une grande rapidité, bien qu'il soit difficile de déterminer les foyers initiaux. L'infection évolue de facon capricieuse; tantôt elle provoque en quelques jours la mort rapide de 100 % des animaux, tantôt elle fait succomber seulement 50 % des sujets après un délai qui oscille d'une à plusieurs semaines.

Les symptômes respiratoires, à peu près constants, ne présentent cependant rien de caractéristique; seules les manifestations nerveuses sont la signature de la maladie, mais elles n'existent pas fatalement. Après atteinte de l'encéphale, le malade succombe toujours, en un temps parfois fort long et pouvant aller jusqu'à trois mois.

Les seules lésions nécropsiques intéressantes sont les hémorragies papillaires du ventricule succenturié et les ulcères des dernières parties du tube digestif, surtout des cæcums.

Le virus est mis facilement en évidence par inoculation du broyat d'organes à la Poule adulte. On le décèle ainsi dans la rate, le foie, le cerveau, le sang.

Le filtrat de ces dilutions sur bougie L3 reproduit très facilement la maladie. On note des troubles respiratoires accompagnés des symptômes habituels des grandes infections chez les volailles, mais pas de troubles nerveux. Aucun signe particulier à l'autopsie.

L'infection est obtenue aisément par l'ingestion naturelle ou le gavage, de même que par le badigeonnage du cloaque. Mais les inoculations sous-cutanée et surtout intramusculaire sont les modes les plus sévères de transmission du contage.

Le passage de poule à poule ne modifie pas le virus qui paraît fixé dès les premiers passages et tue la poule en 6 à 8 jours, exceptionnellement plus.

La virulence ne semble pas non plus se modifier au cours de l'épizootie naturelle. Les dernières souches isolées présentent les mêmes caractères et le même pouvoir pathogène que les souches initiales.

La poule et le dindon sont les seuls atteints. Le pigeon qui ne contracte pas la maladie naturelle, est également réfractaire à l'inoculation de fortes doses, même dans le cerveau. Le canard offre une résistance identique. Le cobaye et le lapin peuvent ingérer longtemps et impunément des quantités considérables de matières virulentes. Ils ne réagissent pas, non plus, à l'inoculation. Nous avons obtenu cependant la mort de deux lapins en 15 et 24 jours par injection intracérébrale d'une dilution d'un broyat d'encéphale d'une poule, laquelle a succombé à des lésions cérébrales évoluant de façon ralentie depuis plus de 3 mois. Repassé sur la poule, ce virus a provoqué la mort en 8 jours; en revanche il n'a eu aucune action sur deux nouveaux lapins inoculés dans le cerveau comme les premiers.

Les souches isolées de régions diverses se montrent identiques. L'évolution clinique ne varie pas, sous réserve du résultat des expériences d'immunité croisée; il n'y a pas de raison, pour le moment, de songer à la pluralité du virus en cause.

L'agent virulent conserve entièrement ses propriétés, à 0° et pendant 6 mois au moins, dans la moelle osseuse, la rate, le foie, l'encéphale. Inoculé à l'embryon de poulet de 10 jours, il entraîne la mort en 36 à 48 heures, avec les lésions hémorragiques classiques.

Le broyat de l'embryon et le filtrat de la dilution sur bougie L3 reproduisent la maladie chez la poule. On a constaté qu'après le 18e passage la virulence est légèrement atténuée; sur huit poules, deux succombent avec un peu de retard (9e et 10e jour).

Dix passages sur embryon de canard n'ont pas modifié la virulence pour la poule.

La pénicilline n'a aucune action sur le virus et peut être utilisée pour sa conservation.

Des expériences d'immunité croisée en cours nous permettront de déter-

miner la place de cette souche parmi les virus pestiques et pseudo-pestiques des volailles. Il est permis de la rapprocher, provisoirement, de la Peste aviaire égyptienne qui a fait l'objet des recherches de Lagrange (¹).

IMMUNOLOGIE. — *Sur la dissociation des fonctions antigènes et anticorps de quelques immunsérums.* Note (*) de MM. **Maurice Doladilhe** et **Pierre Legrand**, transmise par M. Gaston Ramon.

Lorsqu'on tente de différencier, par l'anaphylaxie, ce que depuis Hofmeister on a convenu d'appeler sérum-globuline et sérum-albumine on échoue régulièrement parce que ces deux protéides réagissent l'un sur l'autre.

Dans des Notes antérieures l'un de nous (¹) puis Mazille (²) ont montré que la réaction anaphylactique de la sérum-albumine sur la sérum-globuline est imputable aux impuretés globuliniques (³) qu'y laissent toujours subsister les méthodes classiques de fractionnement.

Ce n'est, en effet, que par l'emploi de méthodes particulières [dialyso-électrolyse (⁴), sels de certains métaux lourds] qu'on peut éliminer ces impuretés; une fois purifiée la sérum-albumine se révèle non antigénique et se comporte donc comme une substance dénuée de propriétés anaphylactiques.

C'est ainsi que l'un de nous a été amené à conclure avec Mazille que la globuline est vraisemblablement l'agent antigènique du sérum sanguin.

Par contre, tous les auteurs ont vérifié que la sérum-globuline est dotée de la fonction anticorps; les uns attribuent ce fait à la fixation par ce protéide de l'anticorps édifié au cours de l'immunisation (⁵), les autres, au contraire, à une modification structurale de la globuline (⁶) au cours de cette même immunisation (⁷).

La globuline extraite d'un immunsérum par les méthodes classiques exerce indéniablement la fonction anticorps, malheureusement elle est, en même temps, dotée du pouvoir antigène.

Cette coexistence rend très délicate, pour le médecin, l'introduction des

---

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 142 et 979.

(*) Séance du 23 mai 1949.

(¹) Doladilhe, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 66.

(²) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 927.

(³) Tisélius, *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 313 et 1944.

(⁴) Mazille, *Thèse Doct. ès sciences*. Montpellier, 1944.

(⁵) Élie Wollman, *La nature chimique des anticorps*, 1943.

(⁶) Macheboeuf et M. Faure, *Constitution chimique des anticorps* (*Exposés annuels de Biochimie médicale*, 3, 1942, p. 134-61); Macheboeuf, *Conceptions modernes sur la structure des anticorps* (*Exposés annuels de Biochimie médicale*, 8, 1948, p. 245).

(⁷) Grabar, *Bull. Soc. Chimie biologique*, 26, 1944, p. 298.

immunsérums par la voie intraveineuse, bien qu'il soit démontré que les effets thérapeutiques sont plus intenses et plus rapides que par les voies parentérales.

Des travaux américains viennent d'ailleurs de mettre en évidence l'extrême gravité des chocs anaphylactiques, déclenchés ainsi chez les sujets sensibilisés au cours de leur existence, par une ou plusieurs injections d'un sérum thérapeutique ([8]).

Tous les efforts effectués en vue d'obtenir l'anticorps dépourvu d'activité antigénique ([9]) ou de supprimer cette activité sans détruire l'anticorps ont échoué ([10]).

Adoptant comme hypothèse de travail celle qui considère l'anticorps comme une substance étrangère à la sérum-globuline, mais fixée sur elle, nous avons essayé de le déplacer de ce substratum pour le fixer sur la sérum-albumine de façon à dissocier les fonctions antigènes et anticorps. Nos premiers résultats qui sont encourageants font l'objet de cette Note.

Le principe de cette dissociation est simple : la sérum-globuline est insolubilisée par la méthode de fractionnement exposée dans notre précédente Note ([11]) sous forme d'une combinaison avec le plomb. Cette insolubilisation, qui s'effectue en présence de la solution de sérum-albumine, provoque la désorption de l'anticorps qui se fixe sur les molécules d'albumine.

Le rendement n'a pas encore atteint 100 % ; on ne retrouve, en effet, dans le sérum-albumine que 50 % à 60 % de l'anticorps, mais on obtient une solution d'albumine anti-corps non antigénique et par conséquent dépourvue d'activité anaphylactique.

Nos expériences ont été effectuées sur les sérums agglutinant les bacilles typhiques (*Eberthella typhi*), *Salmonella paratyphi* A et *Salmonella paratyphi* B, ainsi que sur les sérums hémolytiques antimouton.

Dans ces essais (qui s'étayent sur une année) nous avons toujours obtenu des solutions de sérum-albumine non anaphylactisantes, mais possédant entre 50 % et 60 % des anticorps de l'immunsérum originel.

Signalons enfin que les vérifications de l'inertie anaphylactiques de ces solutions anticorps ont été faites sur 200 cobayes et même effectuées sur l'Homme par le docteur Chamozzi ([12]).

Ces résultats apportent une première contribution au problème de la séparation des fonctions antigène et anticorps en démontrant qu'il est possible de détruire la première tout en conservant une notable partie de la seconde.

Signalons enfin que les recherches en cours nous laissent espérer la possibilité d'une récupération plus importante de l'anticorps.

([8]) RUTSTEIN, REED, LANGMUR et ROGERS, *Arch. of internal medecine*, 68, 1941, p. 25-56.

([9]) HUNTOON, MASUCCI et HARMUM, *Jour. Amer. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 2654.

([10]) SANDOR et GOLDIE, *C. R. Soc. Biologie*, 127, 1938, p. 942; 131, 1939, p. 49.

([11]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1383.

([12]) *Thèse médecine*, Lyon, 1944.

IMMUNOLOGIE. — *Sur la préparation d'antigènes immunisants et d'allergènes par l'hydrolyse pepsique de certaines bactéries.* Note de MM. **Louis Delpy** et **Mir Chamsy**, présentée par M. Gaston Ramon.

Au cours de recherches déjà anciennes portant particulièrement sur *Pasteurella septica*, l'un de nous avait constaté que les corps microbiens tués par la chaleur ou les antiseptiques coagulants, peuvent être inoculés aux animaux réceptifs, et être résorbés, sans faire apparaître un état d'immunité appréciable. Si toutefois la stérilisation des suspensions est réalisée de telle manière que les corps microbiens ne soient pas fixés, mais au contraire désintégrés, des doses de bactéries équivalentes ou plus faibles ont un pouvoir antigénique d'autant plus grand que la désintégration est plus complète.

Si les vaccins constitués par des suspensions stérilisées de *Pasteurella* présentent parfois un certain pouvoir immunisant, ils le doivent à l'autolyse partielle qui survient à l'insu du préparateur, avant que la fixation des bactéries soit accomplie. Les corps microbiens restés intacts n'ont aucune action spécifique, mais retardent la résorption de l'antigène au point d'inoculation.

Se basant sur ces observations, L.-P. Delpy et R. Rastegar (1) ont préparé un vaccin constitué par des suspensions de *P. septica* partiellement lysées grâce à l'action de certaines saponines. Ce vaccin est depuis dix ans largement utilisé en Iran pour l'immunisation des bovidés contre la septicémie hémorragique, mais en raison de la toxicité des saponines, il n'a pu être adapté aux autres espèces animales.

Après avoir tenté à l'aide d'agents physiques et chimiques non toxiques de solubiliser les bactéries ou d'en extraire les fractions antigéniques, nous avons eu recours à la simple digestion pepsique, d'abord très ménagée, puis suffisamment énergique pour obtenir l'hydrolyse totale de suspensions concentrées.

Toutes les bactéries ne sont pas également sensibles à l'action de la pepsine.

Les *Pasteurella*, le vibrion cholérique, les *Salmonella* et les *Brucella* sont aisément hydrolysées à pH 3,0 et à 37° en des temps qui vont de 10 à 24 heures. Pour d'autres microbes, tels que *Malleomyces malleï*, la température doit être portée à 42°. D'autres enfin, tels *B. anthracis* (formes mycéliennes), ou *M. tuberculosis*, ont résisté jusqu'à présent à l'action de l'enzyme, quels que soient les artifices mis en œuvre.

Dans le cas des bactéries facilement hydrolysables, comme *P. septica* par exemple, l'obtention de l'antigène est des plus simples. Une suspension en eau distillée de *Pasteurella* vivantes, est amenée à pH 3,0, et additionnée d'une quantité de pepsine qui varie avec le poids des microbes et le titre de la diastase, puis portée à 37° pendant 12 heures. Il suffit ensuite de neutraliser l'hydrolysat,

(1) *Bulletin Acad. Vétérinaire*, 9, 1938, n° 4.

qui, additionné d'une substance protectrice, conservera ses propriétés pendant au moins un an, sans précautions spéciales.

Les points suivants doivent être pris en considération :

1° La teneur en corps microbiens de la suspension variera selon les bactéries et les espèces à immuniser. Dans le cas de *P. septica*, la dose immunisante pour les Bovidés doit renfermer l'équivalent de 1 milliard de corps microbiens, et, pour les Rongeurs et les Gallinacés, au moins l'équivalent de 4 milliards.

2° L'action immunisante ne se manifeste pleinement que si la résorption de l'antigène est retardée, au point d'inoculation, par l'addition d'une substance adjuvante de l'immunité telle que l'alun ou le gel d'alumine. Nous trouvons ici une nouvelle application du phénomène général dont la connaissance est due à G. Ramon.

Les substances adjuvantes inertes peuvent être remplacées par des spores charbonneuses atténuées. Nous préparons ainsi un vaccin mixte contre la fièvre charbonneuse et la septicémie hémorragique. Ce vaccin peut être desséché après congélation, de même que le vaccin mixte contre la clavelée et la fièvre charbonneuse, qui a fait l'objet d'une précédente Note (²).

3° L'hydrolysat des souches les plus virulentes de *P. septica* n'est pas toxique. Ce fait est à comparer aux observations de Stamatin, Serbanescu et Vladeanu (³), qui ont constaté la toxicité des lysats de *P. avicida*, obtenus par l'action de la pénicilline.

Par contre certains hydrolysats, tel celui de *M. malleï*, sont très toxiques, mais peuvent être détoxiqués par l'action combinée du formol et de la chaleur. Dans le cas particulier de *M. malleï*, le produit obtenu semble incapable de provoquer une réaction de défense de la part des organismes neufs, mais il détermine chez les animaux en état d'infection une réaction allergique spécifique. Ce produit peut donc être utilisé à la place de la malléine, pour le diagnostic de la morve. Ce fait a été vérifié en éprouvant comparativement avec l'hydrolysat, et avec une malléine standard, d'importantes séries de chevaux de l'armée iranienne, comportant des sujets neufs et infectés.

4° Dans le cas des *Pasteurella*, l'immunité conférée par les hydrolysats permet aux sujets traités par une seule dose, de tolérer, sans réaction, l'inoculation d'au moins dix doses d'épreuve dont une seule tue les témoins en moins de 48 heures. Les propriétés antigéniques des hydrolysats des autres microbes pathogènes sensibles à l'action de la pepsine sont actuellement à l'étude.

A 16h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h10m. R. C.

(²) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 158.
(³) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2022.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1949.

Université d'Istanbul. Faculté des sciences. *Recueil de mémoires commémorant la pose de la première pierre des nouveaux Instituts de la Faculté des sciences.* Istanbul, Kenan Matbaasi, 1948; 1 vol. 24^{cm},5.

Remarques et compléments aux Tables numériques universelles, par MARCEL BOLL. Paris, Dunod, 1949; 1 fasc. 27^{cm}.

Die Jahrhundertfeier des Österreichischen Akademie der Wissenschaften vom 11*bis,* 16 Mai 1947. Wien, 1948; 1 vol. 19^{cm}.

Annales universitatis Mariæ Curie-Sklodowska. Lublin. Sectio C, Vol. I, 1946. Roczniki Uniwersytetu Marii Curie-Sklodowskiy w. Lublinie. *Nauki Biologiczne.* T. I. Lublin, 1946-1947; 1 vol. 26^{cm}.

Observaciones que conducen a una fisica diferente, par PIO NIRO. Buenos-Aires, Compañia impresora Argentina, 1948; 1 fasc. 24^{cm}.

Union géodésique et géophysique internationale. Publication n° 11. *Huitième assemblée générale* réunie à Oslo 19-28 août 1948. Édité par J.-M. STAAG. 1 vol. 25^{cm}.

Encyclopédie biologique. XXXII. *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France,* par P. FOURNIER. T. III. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Trente années d'activité médicale et sociale au Maroc, par Mme E. DELANOË. Paris, Librairie Maloine, 1949; 1 vol. 24^{cm} (présenté par M. M. Caullery).

Comptes rendus de l'Académie bulgare des sciences. Sciences mathématiques et naturelles. T. I, nos 1, 2, 3. Sofia, Presses de l'Académie des sciences, 1948; 2 fasc. 24^{cm}.

Principes d'évolution végétale, par B. A. KELLER. Moscou, 1948; 1 vol. 26^{cm} (en langue russe).

L'académicien K. M. Baer et l'Académie de médecine chirurgicale, par E. N. PAVLOVSKI. Moscou, 1948; 1 vol. 26^{cm} (en langue russe).

Expédition épidémio-parasitologique en Iran et recherches parasitologiques. Moscou, 1948; 1 vol. 26^{cm} (en langue russe).

The Brunels Father and Son, by CELIA BRUNEL NOBLE. London, Cobden-Sanderson, 1938; 1 vol. 23^{cm}.

Travail et sécurité. Première année, nos 1-2, janvier-avril 1949, publié par l'INSTITUT NATIONAL DE SÉCURITÉ; 1 fasc. 27^{cm}.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1949.

Les principes de l'analyse géométrique. T. I. *Leçons de géométrie vectorielle*, par GEORGES BOULIGAND. Paris, Librairie Vuibert, 1949; 1 vol. 24^{cm}.

Geophysical Society of Finland. Geophysica 1 et 2. Helsinki, 1935; 2 vol. 25^{cm},5.

Union radioscientifique internationale. *Recueil des travaux de l'Assemblée générale* tenue à Stockholm du 12 au 23 juillet. Vol. VII, publié par le SECRÉTARIAT GÉNÉRAL DE L'U. R. S. I. Bruxelles, 1949; 1 vol. 24^{cm}.

Actualités scientifiques et industrielles. 1072. *Thermodynamique de la turbine à gaz*, par PAUL CHAMBADAL. Paris, Hermann et Cie, 1949; 1 vol. 25^{cm},5.

Thèses présentées à la Faculté des sciences de l'Université de Rennes pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Rennes, par MARCEL SAINCLIVIER. 1° *Contribution à l'étude de quelques Aspergilles;* 2° *Propositions données par la Faculté.* T. I et II. Rennes, 1949; 2 fasc. 26^{cm}.

A Short biography of japanese scientist, 1948. Vol. V-2. *Metallurgy.* Scientific Data Section. Scientific Education Bureau Ministry of Education Japan; 1 vol. polycopié 24^{cm}.

The list of natural science research organization under the jurisdiction of the Ministry of Education, 1948. *Handbook of the japanese societies of natural science and cultural science,* 1949. *List of the learned societies in Japan,* 1949. Scientific Data Section. Scientific Education Bureau; Ministry of Education Japan; 3 ouv. polycopiés 36^{cm}.

Extrait des *Annales de géophysique.* T. IV, fasc. III, 1948. *Alfred Lacroix* (1863-1948), et *Marcel Brillouin* (1854-1948), par CHARLES MAURAIN. Paris, 2 notices 27^{cm},5.

Les laitiers métallurgiques et leurs réactions, par E. EYT. Ouvrage publié sous les auspices de l'INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDÉRURGIE et du CENTRE DE DOCUMENTATION SIDÉRURGIQUE. Paris, Dunod. 1949; 1 vol. 24^{cm} (présenté par M. P. Chevenard).

Extraits du *Traité de Chimie organique.* T. XVI : *Dérivés fonctionnels du groupe du norcamphane* et *Sesquiterpènes,* par RAYMOND CORNUBERT. Paris, Masson, 1949; 2 vol. 24^{cm}.

Annales du Bureau des Longitudes. T. XII, publié avec le concours du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 fasc. 28^{cm}.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions. Sur les séries de base de polynomes quelconques, par J.-M. WHITTAKER, avec la collaboration de C. GATTEGNO. Paris, Gauthier-Villars, 1949; 1 vol. 23^{cm},5 (présenté par M. E. Borel).

Faune de l'Empire français. XI. *Coléoptères carabiques de la région malgache* (Troisième partie), par RENÉ JEANNEL. Paris, Librairie Larose, et Office de la Recherche scientifique coloniale, 1949; 1 vol. 18^{cm} (présenté par M. L. Fage).

Encyclopédie économique de sylviculture. VIII. *Les chênes. Monographie des genres* Quercus *et* lithocarpus, par AIMÉE CAMUS. T. III. *Explication des planches. Atlas.* Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. et 1 carton 37^{cm} (présenté par M. L. Blaringhem).

Buitenzorg Scientific Centre, published by ARCHIPEL DRUKHERIJ en 'T. Bœkhuis Buitenzorg. Java; 1 fasc. 18^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Die Pilze. Grundzüge ihrer Entwicklungsgeschichte und morphologie, von ERNST GÄUMANN. Bâle, Verlag Birkhäuser, s. d.; 1 feuille 24^{cm}.

Der Einflutz der Meereshöhe auf die Dauerhaftigkeit des Lärchenholzes, von ERNST GÄUMANN. T. XXV, n° 2. Zurich, Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 1948; 1 fasc. 24^{cm},5.

Idem. — T. LXVII, n° 3, janvier 1949; 1 feuille 21^{cm}.

Ueber das Problem der Welkekrankheiten bei Pflanzen, von ERNST GÄUMANN. Extrait de *Fourt International Congress for Microbiology*. Copenhagen, Rosenkilde and Bagger, 1949; 1 fasc. 25cm,5.

Notice nécrologique. Alfred Lacroix, par MARCEL-E. DENÆYER. Extrait du *Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie*. T. LVII. Fasc. 3, 1948. Bruxelles, Marcel Hayez, 1948; 1 fasc. 25cm.

Hérédité. Clartés sur une énigme, par MAURICE VERNET, in *Présences*. Paris, Plon, 1949; 1 vol. 19cm.

Biogéographie et Écologie de la forêt dense ombrophile de la Côte d'Ivoire, par AUGUSTE CHEVALIER. Conférence africaine des sols, goma (Kiw) Congo belge, 8-16 novembre 1948. Extrait du *Bulletin agricole du Congo belge*. Vol. XL, Fasc. I; 1 fasc. 23cm,5.

Encyclopédie myccologique. XIV. *Les agaricales. Classification. Révision des espèces. Iconographie. Comestibilité. Agaricaceæ*, par P. KONRAD, A. MAUBLANC. Paris, Paul Lechevalier, 1948; 1 vol. 25cm (présenté par M. R. Heim).

Id. XXIV. *Contribution à l'étude des zoocécidies du Maroc*, par † J.-M. MIMEUR. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm (présenté par M. A. Chevalier).

Cepheid variable stars in the small Magellanic Cloud, by HARLOW SHAPLEY and VIRGINIA MCKIBBEN NAIL. Extrait de *Proceedings of the American philosophical Society*. Vol. XCII, n° 4, 1948; 1 fasc. 26cm,5.

Centre international de synthèse. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*. T. I, nos 1 à 4; T. II, nos 1 et 2. Paris, Presses universitaires de France, 1947 et 1948; 6 fasc. 25cm.

Encyclopédie biogéographique et écologique. V. *Recherches écologiques sur le littoral de la Manche*, par JEAN JACQUET. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. A. Chevalier).

Les champignons parasites des plantes cultivées, par G. VIENNOT-BOURGIN. T. I et II. Paris, Masson, 1949; 2 vol. 25cm (présenté par M. R. Heim).

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Thermocinétique, par PIERRE VERNOTTE. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'Aéronautique, 1949; 1 vol. 27cm.

Traité de zoologie, anatomie, systématique, biologie, publié sous la direction de PIERRE-P. GRASSÉ. T. IX. *Insectes (Paléontologie. Géonémie. Insectes inférieurs. Coléoptères)*, par L. CHOPARD, R. DENIS, R. DESPAX, P.-P. GRASSÉ, R. JEANNEL, R. PAULIAN. Paris, Masson, 1949; 1 vol. 25cm.

(à suivre.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 8 JUIN 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Edward Neuville da Costa Andrade**, Membre de la *Royal Society*, Professeur à l'Université de Londres, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce le décès de M. **Emmanuel C. Teodoresco**, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu le 25 avril 1949.

M. **Robert Courrier** rend compte de la Cérémonie qui a eu lieu le dimanche 5 juin, à La Porcherie (Haute-Vienne), pour l'inauguration d'un buste de Arsène d'Arsonval.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce que le tome 222 (janvier-juin 1946) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

ASTROPHYSIQUE. — *Polarisation de la lumière cendrée de la Lune.* Note de MM. **Bernard Lyot** et **Audouin Dollfus**.

On sait que l'étude de la lumière cendrée de la Lune renseigne à la fois sur les propriétés optiques de la surface lunaire et sur celles de la Terre vue de l'espace (1). On connaît les propriétés photométriques de la lumière cendrée entre les angles de phase 45° et 160° (2), mais il n'a été tenté aucune recherche complète sur la polarisation de cette lumière.

Dispositif utilisé. — Pour obtenir de telles mesures, il faut d'abord s'affranchir de la polarisation parasite que produit la lumière du croissant éclairé de

---

(1) J. Janssen, *Comptes rendus*, 92, 1881, p. 496

(2) A. Danjon, *Ann. Obs. Strasbourg*, 3, fasc. 3, 1936, et travaux de J. Dubois.

la Lune, diffusée dans l'atmosphère terrestre et dans l'instrument d'observation. Nous sommes parvenus à ce résultat en utilisant, comme lunette d'observation, le coronographe du Pic du Midi ([3]).

Il faut ensuite adapter à cet instrument un polarimètre susceptible de mesurer des flux lumineux très faibles. Nous avons procédé visuellement. Le polariscope est constitué par une grille dont les barreaux équidistants sont découpés dans une lame de cellophane demi-onde; l'axe optique est orienté à 45° de la direction des barreaux. Cette lame est suivie d'un rhomboèdre de spath qui dédouble l'image de la grille de la largeur d'un barreau, perpendiculairement à la direction de ceux-ci. Lorsque la lumière incidente est partiellement polarisée, on observe un système de franges alternativement claires et sombres. Ces franges, qui ont un profil photométrique rectangulaire, sont préférables aux franges à profil sinusoïdal que l'on obtiendrait avec un polariscope de Savart : le terme fondamental du développement en série de Fourier est, en effet, $4/\pi$ fois plus élevé et les harmoniques accroissent encore la précision.

Nous avons déterminé expérimentalement, pour diverses brillances, la largeur angulaire qu'il faut donner aux barreaux pour obtenir la précision maximum et nous avons trouvé, pour la lumière cendrée, un pas optimum voisin de 30'.

Le polariscope est précédé du polarimètre décrit en 1929 ([4]). Il est placé au foyer secondaire du coronographe et suivi d'une lentille servant d'oculaire, formant une image de l'objectif dans un œilleton.

Ce dispositif permet d'effectuer, sur la lumière cendrée, des mesures à 2 ou 3 millièmes près.

Résultats obtenus. — Les premières mesures ont été effectuées entre le 7 avril et le 9 mai 1949, avec le coronographe de 20^{cm} du Pic du Midi. Malheureusement le mauvais temps n'a laissé que 8 nuits d'observation, toutes comprises entre les phases 38° et 115°. Nous avons pu cependant constater que *la polarisation est très forte*, 1,2 fois plus forte sur les *mers* sombres que sur les régions claires; elle est maximum pour un angle de phase voisin de 80° et elle dépasse alors 10 % sur les *mers*; le plan de polarisation est parallèle au plan passant par le Soleil.

Ces résultats peuvent s'expliquer de la manière suivante : la lumière diffusée par la Terre serait fortement polarisée; sa polarisation serait réduite par diffusion sur le sol lunaire, étant multipliée par un *coefficient de dépolarisation* qui varie en sens inverse de l'albedo, comme pour les cendres volcaniques ([5]), et qui serait voisin de 0,3. La courbe de polarisation de la

---

([3]) B. Lyot, *Quatrième réunion Inst. Opt.*, 1931; *L'Astronomie*, 1937, p. 203.

([4]) B. Lyot, *Thèse de doctorat*, Paris, 1929; *Ann. Obs. Meudon*, 8, 1929, p. 1.

([5]) B. Lyot, *id.*, p. 126.

Terre posséderait donc un maximum très élevé, voisin de 30 % pour l'angle de vision 100°, qui s'expliquerait principalement par l'effet de l'atmosphère terrestre.

Nous avons étudié également la polarisation de la lumière de la Lune pendant l'éclipse totale du 13 avril 1949. Dans l'ombre de la Terre, la Lune conserve quelques traces de polarisation très faible, variable d'un point à l'autre du disque, attribuable au fait que l'angle de vision n'est pas nul mais varie ainsi que le plan de vision, d'un point à l'autre de la surface lunaire éclipsée. Tous ces résultats devront être développés.

Extension des mesures aux grands angles de phase. — Pour les angles de phase élevés, la Lune est observée dans le crépuscule; celui-ci produit un fond lumineux polarisé qui perturbe les mesures; on peut éliminer l'influence de ce fond en interposant devant l'œil un prisme biréfringent qui dédouble l'image d'un angle égal environ à la moitié du champ d'observation. On oriente ce biréfringent de façon que les franges produites par le fond lumineux uniforme s'imbriquent mutuellement et se détruisent dans la partie commune des deux régions du champ dédoublé. Les franges produites par la lumière cendrée ne sont pas altérées.

Extension des mesures aux petits angles de phase. — Au voisinage de la pleine Lune, la brillance de la lumière cendrée devient très faible tandis que la lumière diffusée par la Lune cesse d'être négligeable. Lorsque la phase est inférieure à 35°, il n'est plus possible de mesurer visuellement. On pourra employer la photographie en déterminant séparément les brillances et polarisations du fond lumineux et de la lumière cendrée et en corrigeant celle-ci par celle-là. On obtiendra en même temps la brillance de la lumière cendrée, circonstance qui permettra d'étendre les mesures de l'intégrale de phase de la Terre jusqu'à des angles très faibles. On peut en effet photographier la lumière cendrée avec le coronographe, moins de 38 heures avant ou après la pleine Lune. Toutefois les mesures doivent donner, pour les petits angles de phase, des brillances et des polarisations variables, parce que ces quantités dépendent de l'état météorologique changeant de l'atmosphère sur le fin croissant terrestre qui produit alors seul la lumière cendrée.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'utilisation du champ magnétique et du microscope polarisant pour l'identification des micro-cristaux.* Note de M. **Aimé Cotton.**

On se sert déjà beaucoup du microscope pour caractériser des substances dont on ne possède que de petites quantités, mais trop souvent on se borne à observer les formes de leurs cristaux. On ressent de plus en plus le besoin de les caractériser de façon plus précise au moyen de valeurs numériques.

Si l'on a un grand nombre de cristaux de même forme trop petits pour être étudiés individuellement, on peut penser à appliquer une méthode

indirecte que nous avons indiquée autrefois, Henri Mouton et moi [1]. Elle consiste à former d'abord des liqueurs mixtes où ces petits cristaux sont maintenus en très grand nombre en suspension. Mais pour les orienter tous de la même manière, l'intervention de deux champs directeurs distincts paraissait nécessaire. Même avec le grand électro-aimant la méthode proposée alors reste d'une application délicate.

Le but de la présente Note est de montrer qu'un procédé plus simple permettra maintenant d'obtenir sur ces petits cristaux, sinon les constantes que cherchent à déterminer les cristallographes, du moins des renseignements utiles et des valeurs caractéristiques. C'est ce qu'on verra dans la Note de M. Jean Blandin [2].

M. Blandin qui travaille au laboratoire de l'Électro-aimant à Bellevue, arrive à ce résultat en faisant intervenir le seul champ magnétique. Il a été conduit à placer dans l'entre-fer d'un électro-aimant donnant un champ de 15000 gauss des solutions concentrées de substances sur des lames non recouvertes de lamelles. La lame est placée horizontalement, avant l'établissement du champ lui-même horizontal. On emploie des solutions chaudes pour que la cristallisation se fasse vite et l'on transporte rapidement la lame portant les cristaux rapidement formés sur la platine d'un microscope polarisant. On les observe simplement en lumière parallèle et l'on fait un agrandissement photographique de la préparation obtenue.

La figure 2 accompagnant la Note de M. Blandin se rapporte à un cristal triclinique de sulfate de cuivre à $5H_2O$. On voit qu'il s'est déposé sur la lame de verre deux groupes de cristaux de mêmes formes, ces formes étant d'ailleurs simples, par exemple, celle de parallélogrammes. Les cristaux de chacun des groupes sont orientés de la même façon; mais cette façon est différente pour les deux groupes. Les cristaux d'un même groupe s'éteignent à la fois.

Ce que l'on vient de voir se retrouve, non seulement dans le cas des cristaux tricliniques qui n'ont pas d'axe de symétrie, mais aussi dans le cas de certains cristaux monocliniques.

Pour rendre compte de ces résultats, considérons un cristal d'un de ces groupes appliqué sur la lame de verre et désignons par Ox et Oy ses deux lignes neutres d'espèce différente. La lame cristalline a été formée à partir d'un germe soumis à l'action du champ. Elle renferme donc dans son plan une autre direction remarquable : celle qui est la plus perméable aux lignes de force. Appelons OH cette direction. Pour une substance paramagnétique comme le sulfate de cuivre, cette direction est celle pour laquelle la susceptibilité est maximum. Il y a deux orientations possibles de la lame cristalline par rapport

---

[1] Conférence faite en 1914 à la Société de Physique, et publiée dans le volume : *Les Progrès de la Physique moléculaire*, Paris, 1917, p. 164.

[2] *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1718.

à OH, et l'on passe de l'une à l'autre en faisant effectuer à la lame une rotation de 180° autour de OH. Chacune de ces orientations correspond à un des groupes de cristaux observés, et les lignes neutres de même espèce Ox, Ox' doivent être symétriques par rapport à OH. Il est facile de vérifier sur la photographie que deux lignes de la même espèce font un angle constant 2β.

Dans le cas très fréquent des cristaux tricliniques, on peut espérer que la méthode indiquée par M. Blandin pourra donner des nombres caractéristiques. Lorsque les réseaux des substances étudiées ont une symétrie plus élevée, cette méthode ne pourra plus s'appliquer aussi simplement. Si l'on considère la figure 1 de la Note, figure qui se rapporte à un cristal orthorhombique, on voit que, cette fois, tous les cristaux de la préparation paraissent orientés de même. C'est bien ce qu'on peut s'attendre à observer sur ces cristaux qui ont trois axes de symétrie formant un trièdre trirectangle, car alors la direction OH doit être celle d'un des axes de symétrie.

Pour les cristaux monocliniques, on peut s'attendre à distinguer deux groupes de faces cristallines, mais seulement si la direction OH est celle de l'axe binaire.

Les cristaux de symétrie plus élevée, les uniaxes par exemple, pourront donner, eux aussi, une seule sorte d'orientation sur la préparation et exigeront des expériences de complément. D'une façon générale, la droite OH est celle pour laquelle la perméabilité est la plus grande; elle se confond, si la substance est paramagnétique, avec la direction de susceptibilité maximum. Dans le cas des substances diamagnétiques, il pourra arriver que OH ne soit pas une direction de susceptibilité minimum. Enfin les méthodes d'orientation sont en défaut lorsque OH se trouve être dans une direction quelconque normale à un axe principal (cas du spath), dans le champ magnétique, où l'axe se met normalement au champ.

Les lames cristallines photographiées sur les clichés de M. Blandin ont une forme simple, et cela facilite leur utilisation pour l'identification. La raison de cette simplicité est donnée par P. Gaubert dans son Mémoire : *Recherches récentes sur le faciès des cristaux* (3). P. Gaubert insistait sur la nécessité, pour avoir des formes simples, d'opérer sur des solutions de corps purs, sans matières étrangères, et de faire des cristallisations rapides.

RAYONS COSMIQUES. — *Gerbes de mésons dans les désintégrations produites par rayons cosmiques.* Note (*) de MM. **Charles Peyrou, Bernard d'Espagnat** et **Louis Leprince-Ringuet.**

Quand on étudie les désintégrations nucléaires provoquées par les rayons cosmiques dans les nouvelles émulsions photographiques sensibles même

(3) Conférence faite le 25 janvier 1911 à la Société de Chimie-Physique; Paris, 1911.

(*) Séance du 23 mai 1949.

pour les particules ayant des vitesses relativistes (minimum d'ionisation), on constate la présence, dans certaines *étoiles*, de particules de ce type. Il arrive souvent qu'elles forment une gerbe, c'est-à-dire qu'elles sont contenues dans un cône. Il n'est pas encore possible de connaître avec certitude leur nature, cependant l'hypothèse la plus probable est qu'il s'agit de mésons. Brown, Camerini, Fowler, Muirhead, Powell et Ritson ([1]) d'une part, Occhialini, Dilworth et Schönberg ([2]) d'autre part, ont signalé ces gerbes.

Une théorie quantique sûre et cohérente de la production des mésons n'existe pas encore; aussi, pour étudier ces phénomènes, ferons-nous quelques hypothèses très simplificatrices et, ne faisant appel qu'à des considérations élémentaires (conservation de l'énergie, transformation de Lorentz, etc.), nous pourrons ainsi prévoir les caractéristiques des gerbes et comparer les conclusions théoriques avec l'expérience.

Nous ferons ici trois hypothèses : 1° toutes les particules de la gerbe sont des mésons; 2° la production de ces mésons a été multiple, c'est-à-dire qu'ils ont tous été produits dans une seule interaction nucléon-nucléon; 3° tous les mésons ont été produits avec la même énergie dans le système de référence lié au centre de gravité des deux nucléons, système que nous appellerons [G].

C'est évidemment sur la valeur des hypothèses 1° et 2° qu'il s'agit de tirer des conclusions. L'hypothèse 3° ne correspond sûrement pas à la réalité et c'est elle qui devra être rectifiée en premier lieu si une gerbe donnée n'est pas conforme aux prévisions théoriques.

Dans le système [G] le centre de gravité des deux nucléons est évidemment un *centre* de symétrie pour la production des mésons.

Soit v la vitesse dans [G] du nucléon incident, ou nucléon A, la vitesse du nucléon B est $-v$.

Dans le système du laboratoire ou système [L], B est immobile et A a la vitesse $2v/[1+(v^2/c^2)]$.

Soit un méson émis, v_1 sa vitesse dans [G], φ l'angle que fait v_1 avec v.

Soit ψ l'angle de la vitesse du méson avec la vitesse du nucléon A dans le système [L], on a

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{\beta_1 \sin\varphi\sqrt{1-\beta^2}}{\beta+\beta_1\cos\varphi}, \qquad \beta = \frac{v}{c}, \qquad \beta_1 = \frac{v_1}{c}.$$

La dérivée $d\operatorname{tg}\psi/d\varphi$ s'annule pour $\cos\varphi = -\beta_1/\beta$.

Cela signifie que tout méson produit avec la vitesse v_1 sera émis dans le système [L] à l'intérieur d'un cône de demi-angle au sommet ψ_m correspondant à un angle d'émission dans [G] défini par $\cos\varphi = -\beta_1/\beta$. Il faut que l'on ait $\beta_1 < \beta$: si l'on avait $\beta_1 > \beta$, le méson pourrait avoir dans [L] n'importe quelle

([1]) *Nature*, **163**, 1949, p. 47.

([2]) Communication privée des auteurs.

direction. On trouve

$$(1) \qquad \operatorname{tg}\psi_m = \frac{\beta_1\sqrt{1-\beta^2}}{\sqrt{\beta^2-\beta_1^2}} \quad \text{ou} \quad \sin\psi_m = \frac{\beta_1\sqrt{1-\beta^2}}{\beta\sqrt{1-\beta_1^2}}.$$

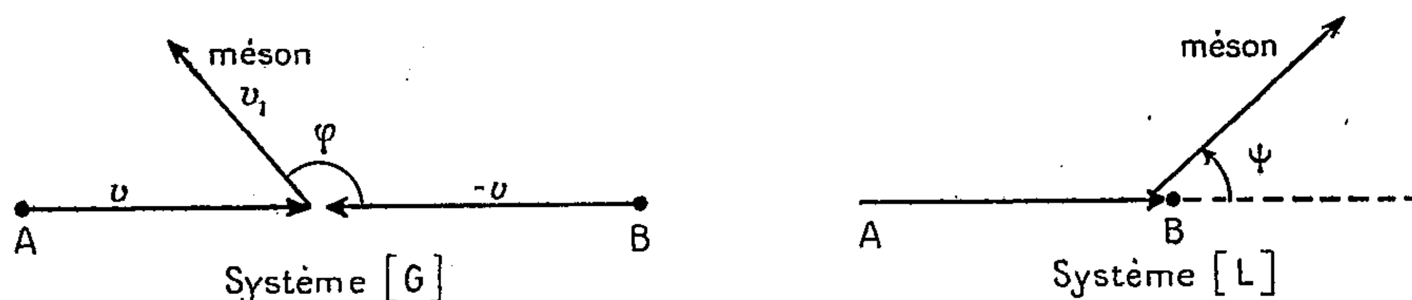
L'énergie disponible dans le système [G] est la somme des énergies cinétiques des nucléons A et B, soit $2Mc^2(\gamma-1)$, M masse d'un nucléon $\gamma=(1/\sqrt{1-\beta^2})$. Supposons qu'une fraction $1/K$, $(K\geq 1)$ de cette énergie soit utilisée pour la création de n mésons, la conservation de l'énergie peut alors s'écrire

$$(2) \qquad \frac{2Mc^2}{K}(\gamma-1) = n\,mc^2\gamma_1,$$

en utilisant l'hypothèse 3°, c'est-à-dire $\gamma_1=(1/\sqrt{1-\beta_1^2})$ le même pour tous les mésons de même masse m. On peut maintenant éliminer β_1 entre les relations (1) et (2). On trouve

$$(3) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \gamma = \dfrac{4+nKr\sqrt{4-\dfrac{n^2K^2r^2}{4}\sin^2 2\psi_m}}{4-n^2r^2K^2\sin^2\psi_m}, \\ r=\dfrac{m}{M}\approx\dfrac{1}{6,5} \quad \text{pour} \quad m=286, \quad M=1842. \end{array} \right.$$

On pourra donc calculer l'énergie du primaire qui a créé une gerbe donnée en fonction du nombre de mésons créés et de l'ouverture de la gerbe. La quantité K



est, en fait, inconnue, mais on aura une énergie minimum du nucléon incident en posant $K=1$, ou l'on pourra estimer K comme correction à partir des branches nucléaires de l'étoile, produites en même temps que les mésons.

L'énergie cinétique du primaire dans le système [L] est $E=2Mc^2(\gamma^2-1)$.

Il est assez surprenant de constater que γ est une fonction croissante de ψ_m. Ceci signifie que pour un nombre donné de mésons créés (plus exactement pour nK donné) la gerbe sera d'autant plus ouverte que le primaire possède plus d'énergie. Ceci vient de ce que ψ_m correspond à l'angle défini par $\cos\varphi=-(\beta_1/\beta)$ et que cet angle n'est pas fixe, pour nK donné, quand l'énergie du primaire varie.

Au contraire, tout angle φ donné fixe se transforme en un angle ψ d'autant plus faible que l'énergie du primaire est plus grande.

On peut s'intéresser, en particulier, comme l'a fait Schönberg (²), à l'angle $\overline{\psi}$

tel que le cône de demi-angle au sommet $\overline{\psi}$ contienne la moitié des mésons. En raison des propriétés de symétrie du centre de gravité, l'angle φ correspondant est $\pi/2$, on a alors $\operatorname{tg}\overline{\psi} = \beta_1/\beta\sqrt{1-\beta_2}$ et $\operatorname{tg}\overline{\psi}$ diminue quand l'énergie du primaire augmente.

Si un primaire de grande énergie produit un nombre de mésons qui n'augmente pas indéfiniment avec l'énergie du primaire, on aura $\overline{\psi}$ petit devant ψ_m, et il peut très bien se produire alors que la gerbe observée soit contenue dans un cône beaucoup plus étroit que celui donné par ψ_m.

Le calcul de γ à partir de n et de ψ_m n'aura en pratique de valeur que si on l'applique à des gerbes assez étroites et comprenant un assez grand nombre de mésons. Dans ce cas, en effet, on déterminera ψ_m en prenant l'angle que fait, avec la direction moyenne, le méson qui s'en écarte le plus.

Mais la considération de ψ_m présente un autre intérêt. L'expression (3) montre que γ devient infini pour $\sin^2\psi_m = 4/n^2r^2K^2$, c'est-à-dire que $\sin\psi_m$ doit être toujours inférieur à $2/nrK$, donc à plus forte raison à $2/nr$ puisque $K \geq 1$.

Si l'on a une gerbe de n mésons et que nr soit plus grand que 2, c'est-à-dire s'il y a plus de 13 mésons, la gerbe ne pourra en aucun cas avoir un demi-angle au sommet plus grand que Ψ défini par $\sin\Psi = 2/nr$.

Si l'on constate l'existence d'une gerbe de plus de 13 mésons et plus ouverte que cette limite absolue, il faudra donc corriger une des hypothèses de base. On essaiera donc d'abord de se passer de l'hypothèse 3°. Le raisonnement qui suivra sera une affaire de cas particulier, mais on peut indiquer la marche à suivre. Si n' est le nombre de mésons émis sous un angle plus grand que Ψ, on voit facilement sur les équations (1) et (2) que cela ne peut se produire que si ces mésons ont été créés dans le système [G] avec une énergie plus grande que l'énergie moyenne. Il en résulte que l'énergie des $n - n'$ mésons restants sera inférieure à la moyenne. En refaisant le calcul pour ces $n - n'$ mésons on trouve que la gerbe qu'ils forment doit avoir un demi-angle au sommet limite $\Psi_{n-n'} < \Psi$. S'ils sont effectivement dans un tel angle, le phénomène trouvé peut s'expliquer simplement en renonçant à l'égalité d'énergie des mésons dans le système [G]. Mais il pourra se faire aussi que le nouvel angle limite trouvé soit à son tour trop petit pour la gerbe des $n - n'$ mésons, il faudra donc poursuivre le calcul.

On peut arriver ainsi à une impossibilité; dans ce cas on pourra affirmer que : ou bien toutes les particules de la gerbe ne sont pas des mésons, ou bien la production ne s'est pas faite en un seul acte.

Notons enfin que l'énergie cinétique du méson émis sous l'angle ψ_m peut se mettre sous une forme très simple; on a

$$\text{énergie du méson limite} = mc^2\left(\frac{\sqrt{1-\beta_1^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right).$$

TOXICOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'action antidote du tétrathionate de sodium, vis-à-vis de l'intoxication cyanhydrique.* Note de MM. **Léon Binet, Georges Wellers** et **Jacques Dubrisay.**

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons souligné l'efficacité du tétrathionate de sodium comme antidote de l'intoxication cyanhydrique, efficacité qui s'est révélée supérieure à celle de l'hyposulfite. Nous avions émis l'hypothèse que le tétrathionate intervenait par l'intermédiaire d'une oxydation du glutathion.

Poursuivant nos recherches dans le but de confirmer cette hypothèse, nous nous sommes efforcés de préciser les délais dans lesquels se manifeste l'activité préventive du tétrathionate vis-à-vis de l'intoxication cyanhydrique et de comparer ces délais avec ceux de l'action oxydante de ce corps sur le glutathion.

Toutes nos expériences ont été faites sur des rats adultes. Nous avons utilisé des solutions, préparées extemporanément, de cyanure de potassium à 3 mg/cm^3, et de tétrathionate de sodium à 20 mg/cm^3. Les doses injectées ont été de 30^{mg} de CNK par kilogramme, c'est-à-dire le double de la dose minima mortelle déterminée dans nos expériences antérieures, par voie sous-cutanée, de 200^{mg} de $S_4O_6Na_2$ par kilogramme par voie intra-péritonéale.

I. *Action préventive du tétrathionate vis-à-vis de l'intoxication cyanhydrique.* — Après injection intra-péritonéale de tétrathionate, nous avons injecté le cyanure par voie sous-cutanée au bout d'un temps variable et déterminé le nombre d'animaux survivants pour chaque intervalle entre les deux injections. Les résultats sont consignés dans le tableau I.

Tableau I. — *Effets protecteurs du* $S_4O_6Na_2$.

Intervalle entre les injections.	Nombre d'animaux.	Survies.	Survies (en %).
5 minutes	15	14	93,3
10 »	15	12	80
15 »	10	10	100
20 »	5	5	100
25 »	5	3	60
30 »	10	6	60
35 »	5	0	0
40 »	5	0	0

On voit que l'efficacité préventive du tétrathionate atteint son efficacité maxima quand l'intervalle séparant les deux injections est compris entre 15 et 20 minutes. A partir de 25 minutes, cette efficacité décroît et devient nulle au delà de 30 minutes. Un fait curieux doit être remarqué : alors que pour un intervalle de 5 minutes, le nombre de survies atteint 95 %, ce

([1]) L. Binet, G. Wellers et J. Dubrisay, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1941.

pourcentage tombe à 80 pour un intervalle de 10 minutes et remonte à 100 à partir de 15 minutes. L'observation des animaux d'expérience est encore plus explicite : pour un intervalle de 5 minutes, la plupart des animaux ne présentent aucun signe d'intoxication; pour 10 minutes au contraire, même les animaux qui survivent présentent des symptômes nets d'intoxication cyanhydrique.

II. *Variations du glutathion après injection de tétrathionate.* — Un temps variable après injection intra-péritonéale de 200^{mg} de tétrathionate par kilogramme, l'animal est sacrifié et le glutathion dosé dans les principaux organes. Ces dosages ont été effectués suivant notre méthode (2)(3). Les résultats sont consignés dans les tableaux II et III. Les chiffres indiqués sont les moyennes obtenues sur le nombre d'expériences indiquées dans chaque cas.

TABLEAU II. — *Glutathion* (mg %) *après tétrathionate.*

Intervalle (min).	Nombre d'animaux.	Sang.			Foie.			Rein.			Poumon.			Muscle.		
		Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxy
5...	4	55,2	36,7	18,5	160,2	141,5	18,7	154,3	110,2	44,1	135,6	75,6	60	56,5	33,2	23,
10...	4	68,9	39,4	29,5	230,2	180,4	49,8	131,5	96,2	37,3	82,2	64,7	17,5	44,3	30,2	14,
20...	4	59,3	49	10,3	185,4	162,7	22,7	114,3	80,1	34,2	93,1	68	25,1	60,7	39,4	21,
30...	4	59,6	28,8	30,8	200,3	122,9	77,4	249,9	151,8	98,1	147,1	64,4	82,7	85,4	39,7	45,
45...	3	51,8	37,9	13,9	239,1	191,6	47,5	192,9	120,3	72,6	98,4	63	35,4	74,7	39,3	35,
Chiffres normaux.		54,8	45,2	9,6	253,5	200,2	53,3	192,8	159,8	33	106,8	74,8	32	51,3	31,1	20,

TARLEAU III. — *Glutathion après tétrathionate* (%) *de la normale.*

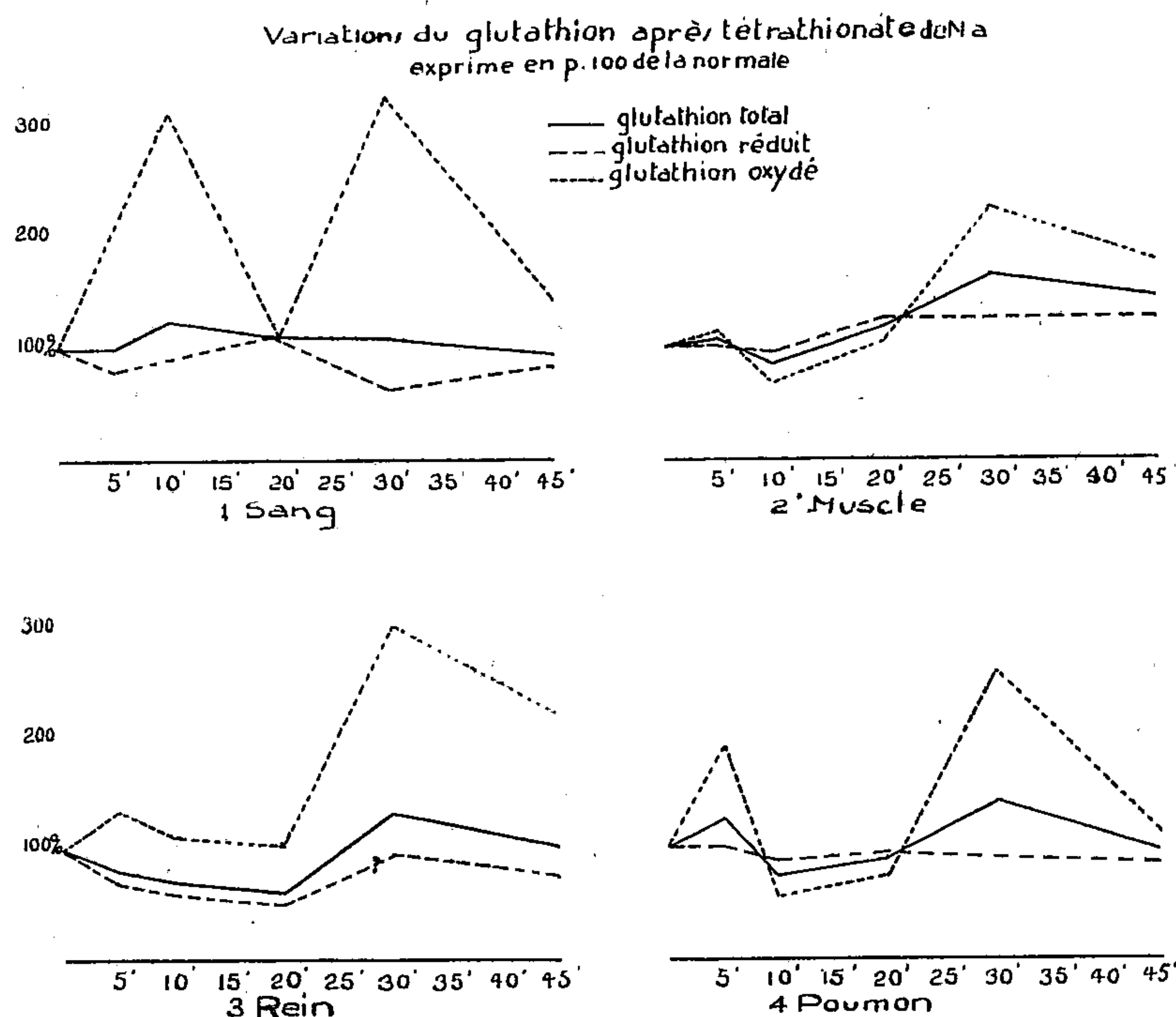
Intervalle (min).	Sang.			Foie.			Rein.			Poumon.			Muscle.		
	Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxydé.	Total.	Réduit.	Oxyd
5........	101	81	197	63	71	35	80	69	133	123	100	187	110	107	114
10........	126	87	307	91	90	93	68	60	113	77	86	55	86	97	69
20........	108	108	107	73	81	42	59	50	103	87	91	78	118	126	105
30........	109	64	320	79	61	145	129	95	294	137	86	258	166	127	226
45........	94	84	144	94	95	89	100	76	220	92	84	110	145	126	175

On peut conclure que dans tous les organes, l'injection de tétrathionate entraîne une élévation importante du taux du glutathion oxydé. Dans le rein, le poumon et surtout le sang, une première élévation précoce se manifeste, suivie d'une baisse. Puis apparaît une nouvelle ascension, beaucoup plus importante, atteignant son maximum entre 25 et 30 minutes après l'injection.

Nous avons vu que l'action préventive du tétrathionate vis-à-vis de l'intoxication cyanhydrique atteignait son maximum d'efficacité quand l'injection de cyanure était faite de 15 à 20 minutes après celle de tétrathionate. Mais le cyanure, introduit par voie sous-cutanée, n'est pas résorbé immédiatement, un

(2) L. BINET et G. WELLERS, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 16, 1934, p. 1284.
(3) L. BINET et G. WELLERS, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 870.

temps de latence existe entre le moment de l'injection de cyanure à l'animal, et celui de l'apparition chez celui-ci des premiers symptômes d'intoxication. Cette latence est en moyenne de 5 minutes, et l'on peut admettre que c'est en moyenne



entre 5 et 10 minutes que l'intoxication est cliniquement manifeste, donc que la résorption du cyanure atteint une intensité suffisante. Ainsi, dans le cas où l'injection de cyanure a été faite 15 ou 20 minutes après celle de tétrathionate (période d'efficacité maxima de ce dernier), le moment où cyanure et glutathion oxydé se trouvent en contact est en réalité 25 ou 30 minutes après l'injection de tétrathionate. *Or, ce délai est précisément celui où l'oxydation du glutathion atteint son intensité la plus grande.*

Il est par ailleurs significatif que, dans la plupart des organes, existe une première ascension précoce du taux de glutathion oxydé, suivie d'une baisse retrouvée partout à la 20e minute. Or, nous avons vu qu'expérimentalement l'activité préventive du tétrathionate voyait son efficacité présenter une défaillance nette pour un intervalle de 10 minutes entre les deux injections, donc pour un délai précisément d'environ 20 minutes entre l'injection de tétrathionate et une réaction éventuelle entre le cyanure et le glutathion oxydé.

Il existe donc un parallélisme indiscutable entre l'action préventive du tétrathionate et son action oxydante sur le glutathion.

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Application continue commutant avec les éléments d'un groupe de Lie compact.* Note (*) de M. **Jean Leray.**

Les algèbres, cohomologies et produits tensoriels sont relatifs à un même corps commutatif, de caractéristique nulle; X et Y sont deux espaces *localement compacts*; *ξ est une application continue de* X *dans* Y.

1. *Les invariants topologiques* de ξ sont ([1]) *une filtration* f_Y de l'algèbre d'homologie $\mathcal{H}_X$ de X et *une algèbre différentielle* $\mathcal{H}_r$ dépendant de l'entier $r \geqq 2$. $\mathcal{H}_2$ est l'algèbre de cohomologie de Y relative « au transformé par ξ du faisceau de cohomologie de X », ce qui signifie grosso modo : relative à un anneau variable qui au point y de Y est l'algèbre de cohomologie de $\overset{-1}{\xi}(y)$; en particulier $\mathcal{H}_2 = \mathcal{H}_Y \otimes \mathcal{H}_F$ quand ξ est la projection d'un espace fibré X, de fibre F, sur sa base Y, supposée simplement connexe et quand ξ est l'application canonique d'un groupe X sur l'espace homogène $Y = X/F$, quotient de X par un sous-groupe F fermé et connexe; $\mathcal{H}_r$ possède deux degrés : $0 \leqq g_Y \leqq g_X$; les degrés g_X ou g_Y de $\mathcal{H}_2$ s'obtiennent en affectant de leur degré ou du degré nul les éléments des algèbres de cohomologie de $\overset{-1}{\xi}(y)$ et F; la différentielle δ_r de $\mathcal{H}_r$ augmente g_Y de r et g_X de 1; $\mathcal{H}_{r+1}$ est l'algèbre d'homologie de $\mathcal{H}_r$; les éléments de $\mathcal{H}_r$ annulant δ_r ont donc une image canonique de même degré dans $\mathcal{H}_{r+1}$; si $r > \dim Y$ ou $> 1 + \max \dim \overset{-1}{\xi}(y)$, $\delta_r = 0$; $\mathcal{H}_r$ est alors indépendant de r; on le note $\mathcal{H}_\infty$; $\mathcal{H}_\infty$ est l'algèbre bigraduée associée à l'algèbre graduée-filtrée $\mathcal{H}_X$; la filtration f_Y et le degré g_X d'un élément homogène de $\mathcal{H}_X$ vérifient $0 \leqq f_Y \leqq g_X$. Le degré $g_F = g_X - g_Y$ et la filtration $f_F = f_Y - g_X$ associée à $-g_F$ interviendront.

Il existe *un homomorphisme canonique* Φ de $\mathcal{H}_X$ sur le sous-anneau $\mathcal{H}_2$ que constituent les éléments de degré $g_Y = 0$ qui ont une image dans $\mathcal{H}_\infty$; les conditions suivantes sont équivalentes :

$$\Phi h_X = 0; \qquad \overset{-1}{\xi}(y) h_X = 0 \quad \text{pour tout} \quad y \in Y; \qquad f_Y(h_X) > 0 \qquad (h_X \in \mathcal{H}_X).$$

Quand $\mathcal{H}_2 = \mathcal{H}_Y \otimes \mathcal{H}_F$, $\Phi h_X = 1 \otimes F h_X$ si Y est compact, $= 0$ si non.

Si ξ est propre, c'est-à-dire si $\overset{-1}{\xi}$ transforme toute partie compacte de Y en une partie compacte de X, il existe un homomorphisme canonique Ψ de $\mathcal{H}_Y$ dans $\mathcal{H}_2$; si $h_Y \in \mathcal{H}_Y$, Ψh_Y est de degré $g_F = 0$, a une image dans $\mathcal{H}_\infty$ et cette image est nulle si et seulement si $\overset{-1}{\xi} h_Y = 0$; si $\overset{-1}{\xi}(y)$ est connexe pour tout $y \in Y$,

---

(*) Séance du 30 mai 1949.

([1]) J. Leray, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1366 et 1419; *Colloque de Topologie algébrique* (sous presse); *Journ. math.* (à paraître). On trouvera la définition de la terminologie dans H. Cartan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 148, le n° 1 de cette Note étant modifié comme suit : n peut être < 0; $A = \lim_{n \to -\infty} A_n$; la filtration $f(a)$ de $a \in A$ est le plus grand entier n tel que $a \in A_n$.

alors Ψ est un isomorphisme de $\mathcal{H}_Y$ sur l'ensemble des éléments de $\mathcal{H}_2$ de degré $g_F = 0$ et $\overset{-1}{\xi}\mathcal{H}_Y$ est l'ensemble des éléments de $\mathcal{H}_X$ de filtration $f_F = 0$. Quand $\mathcal{H}_2 = \mathcal{H}_Y \otimes \mathcal{H}_F$; $\Psi h_Y = h_Y \otimes 1$.

2. *Soit* $\overline{G}$ *un groupe de Lie compact* opérant sur X et Y et dont les éléments commutent avec ξ; $\overline{g} \in \overline{G}$ représente ξ sur lui-même et définit donc un automorphisme des algèbres $\mathcal{H}_X$, $\mathcal{H}_Y$ et $\mathcal{H}_r$; cet automorphisme respecte filtrations et degrés; il commute avec δ_r, Φ, Ψ et $\overset{-1}{\xi}$; il ne change pas quand $\overline{g}$ décrit une composante connexe de $\overline{G}$: *soit* G *la composante connexe de l'unité de* $\overline{G}$ (*cf.* n° 3); $\mathcal{H}_X$, $\mathcal{H}_Y$ *et* $\mathcal{H}_r$ *sont des représentations linéaires du groupe fini* $\Gamma = \overline{G}/G$; *les composantes irréductibles de ces représentations linéaires sont annulées ou représentées isomorphiquement par* δ_r, Φ, Ψ, $\overset{-1}{\xi}$.

3. *Soit* G *un groupe de Lie compact et connexe* opérant sur X et Y et dont les éléments commutent avec ξ. Nous avons récemment défini ([2]) *un espace vectoriel gradué* Δ, *de même rang que* G, *dont les éléments* δ *sont des différentielles de* $\mathcal{H}_X$ *et* $\mathcal{H}_Y$; il existe une extension de la définition de δ ayant les propriétés suivantes : δ *est une différentielle de chacune des algèbres* $\mathcal{H}_r$; *quand* $\mathcal{H}_2 = \mathcal{H}_Y \otimes \mathcal{H}_F$, *la définition de* δ *sur* $\mathcal{H}_2$ *résulte de sa définition sur* $\mathcal{H}_Y$ *et de la convention :* $\delta = 0$ *sur* $\mathcal{H}_F$; $\delta\Phi = 0$; δ *commute avec* Ψ, δ_r *et* $\overset{-1}{\xi}$; δ *ne modifie pas* g_F *et ne diminue pas* f_F; si δ est homogène de degré $q < 0$, δ diminue g_Y et g_X de q et diminue f_Y de q au plus. Les éléments de G qui appliquent identiquement Y sur lui-même constituent un sous-groupe invariant de G, dont la composante connexe de l'unité sera notée G′ (*cf.* n° 4); les différentielles δ' associées à G′ constituent un sous-espace Δ' de Δ; si $\delta' \in \Delta'$, δ' est nulle sur $\mathcal{H}_Y$ et $\mathcal{H}_r$; δ' augmente f_F.

4. *Soit* G′ *un groupe de Lie compact et connexe, opérant sur* X *et transformant* $\overset{-1}{\xi}(y)$ *en lui-même, quel que soit* $y \in Y$. *Soit* Δ' *l'espace vectoriel gradué, de même rang que* G′, *constitué par les différentielles* δ' *associées à* Δ' : si $\delta' \in \Delta'$, δ' est une différentielle de $\mathcal{H}_X$ et $\mathcal{H}_{\overset{-1}{\xi}(y)}$; il existe une extension (autre que celle du n° 3) de la définition de δ' ayant les propriétés suivantes : δ' *est une différentielle de chacune des algèbres* $\mathcal{H}_r$; *quand* $\mathcal{H}_2 = \mathcal{H}_Y \otimes \mathcal{H}_F$, *la définition de* δ' *sur* $\mathcal{H}_2$ *résulte de sa définition sur* $\mathcal{H}_F$ *et de la convention* $\delta' = 0$ *sur* $\mathcal{H}_Y$; $\delta'\Psi = \delta'\overset{-1}{\xi} = 0$; δ' *commute avec* Φ *et* δ_r; δ' *ne modifie pas* g_Y *et ne diminue pas* f_Y; si δ' est homogène de degré $q < 0$, δ' diminue g_F et g_X de q et augmente f_F d'au moins q.

5. *Supposons que* ξ *soit la projection d'un groupe de Lie compact et connexe* X *sur l'espace homogène* Y = X/F *quotient de* X *par un sous-groupe fermé* F : $\xi(x\mathrm{F})$ *est un point de* Y.

a. On peut choisir G = X, $g \in G$ transformant $x \in X$ en gx; le n° 3 permet de compléter comme suit le théorème qu'énonce ([2]) : *Supposons* F *connexe* ;

$$\mathcal{H}_X = \mathcal{H}''_X \otimes \wedge \mathcal{H}'_X; \quad \mathcal{H}_Y = \mathcal{H}''_Y \otimes \wedge \mathcal{H}'_Y; \quad \mathcal{H}_r = \mathcal{H}''_r \otimes \wedge \mathcal{H}'_r;$$

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1545.

$\bar{\xi}^1$ *est un isomorphisme de l'algèbre extérieure* $\bigwedge \mathcal{H}'_Y$ *sur* $\bigwedge \mathcal{H}'_X$; $\bar{\xi}^1$ *annule les éléments* de $\mathcal{H}''_Y$ *de degrés* > 0 ;

$$\mathcal{H}'_2 = \mathcal{H}_\infty \simeq \mathcal{H}'_X \simeq \mathcal{H}'_r \; (= 0 \textit{ si } F \textit{ a même rang que } X) ; \quad \partial_r(\bigwedge \mathcal{H}'_r) = 0 ;$$
$$\mathcal{H}''_2 = \mathcal{H}''_Y \otimes \mathcal{H}_F ; \quad \partial_r \mathcal{H}''_r \subset \mathcal{H}''_r ;$$

$\mathcal{H}''_{r+1}$ *est l'anneau d'homologie de* $\mathcal{H}''_r$; $\mathcal{H}''_\infty$ *est l'algèbre graduée de l'algèbre filtrée* $\mathcal{H}''_X$, *qui est une algèbre extérieure.*

b. On peut prendre pour G le *normalisateur* N_F de F, c'est-à-dire l'ensemble des $n \in X$ tels que $Fn = nF$, en convenant que $n \in G$ transforme $x \in X$ en $n^{-1}xn$; les n°s 2, 3 et 4 fournissent un ensemble de renseignements que complète la Thèse de J.-L. Koszul (3).

D'autre part, l'application $\xi(x) \to \xi(n^{-1}xn)$ de Y sur lui-même a pour nombre de Lefschetz la caractéristique d'Euler de Y si $n \in F$, 0 si non; en particulier, vu les travaux de H. Hopf, H. Samelson, E. Stiefel (4) : *Si les éléments de* $\mathcal{H}_Y$ *sont tous de degré pair* (5), $\mathcal{H}_Y$ *est une représentation linéaire du groupe* N_F/F, *équivalente à m fois l'algèbre de ce groupe, qui est fini; m est l'indice de* $N_T \cap N_F$ *dans* N_T, T *étant l'un des sous-groupes abéliens maximum de* F.

CYTOLOGIE. — *Nombres chromosomiques dans le genre* Holcus *L.*
Note (*) de M. **René de Litardière.**

Nous avons signalé en novembre 1948 (1) l'existence de deux Graminées, les *Airopsis tenella* (Cav.) Coss. et DR. et *Periballia lævis* (Brot.) Asch. et Græbn., présentant un nombre chromosomique très faible et aberrant dans la famille, $2n = 8$. Nous venons de découvrir une autre espèce, appartenant aussi à la tribu des Avénées, qui possède $2n = 8$. Il s'agit de l'*Holcus Gayanus* Boiss. (= *H. tenuis* J. Gay, non Trin. = *H. Durieui* Steud.), type hispano-lusitanien. Notre matériel qui nous a été adressé par la Station agronomique portugaise provient de la Serra do Gerês, à Abrotea (Minho).

L'*H. Gayanus*, comme les *Airopsis tenella* et *Periballia lævis*, présente des chromosomes allongés, du type festucoïde.

Jusqu'ici, à notre connaissance, deux espèces seulement du genre *Holcus* avaient été examinées du point de vue chromosomique : les *H. mollis* L. et *H. lanatus* L. Nous en avons repris l'étude. Dans des échantillons de l'*H. mollis* provenant de l'Ardèche (Burzet, entre la Boite et la Brousse, clairière

---

(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 288 et 457.
(4) *Comm. Math. helv.*, **13**, 1940, p. 240; **14**, 1941, p. 350; **15**, 1942, p. 59.
(5) Cette condition est vérifiée, quand F a le rang de X, si l'hypothèse de G. Hirsch que Yen Chih-ta a cru établie (*Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 629) est exacte.

(*) Séance du 30 mai 1949.
(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1071-1072.

rocailleuse de la hêtraie) nous avons trouvé $2n=28$, nombre différent de celui indiqué par Stählin (1929) ([2]), $2n=14$, mais qui concorde avec celui signalé par A. Löve et D. Löve (1944) ([3]) pour une plante de Suède (Skåne : Ringsjön). Nous mentionnerons que l'*H. lanatus* étudié par nous sur des exemplaires appartenant au var. *typicus* Fiori et provenant des Deux-Sèvres (Mazières-en-Gâtine à la Gâgnerie, prairies) et de Corse (Bastia, fossé de la route de Saint-Florent); Ocana, rive droite du Prunelli, près du pont de Vanna) ([4]) possède $2n=14$, ainsi que l'ont indiqué Avdulov (1928, 1931) ([5]) et Stählin (1929) ([2]).

Nos observations montrent donc que le genre *Holcus* est hétérochromosomique ($2n=8$, 14, 28). Il serait intéressant de poursuivre des recherches caryologiques sur ce genre qui fournit d'ailleurs un très beau matériel d'étude. En particulier, il importerait de retrouver l'*H. mollis* diploïde de Stählin et d'en comparer les caractères morphologiques avec ceux de la plante tétraploïde.

DÉSIGNATIONS.

M. **Albert Caquot** est désigné pour représenter l'Académie à la **Conférence scientifique pour la conservation et l'utilisation des ressources naturelles** qui doit avoir lieu au siège de l'Organisation des Nations Unies, à Lake Success, New-York (États-Unis), du 17 août au 6 septembre 1949.

MM. **Louis de Broglie**, **Jean Chazy** et **Charles Dufraisse** sont délégués à la Cérémonie qui aura lieu à Arcueil, le 26 juin 1949, à l'occasion du deux-centième anniversaire de la naissance de Berthollet et de Laplace.

M. **André Danjon** est désigné pour représenter l'Académie au 68e Congrès de l'**Association Française pour l'avancement des Sciences** qui aura lieu à Clermont-Ferrand, du 15 au 21 juillet 1949.

M. **Roger Heim** est délégué à la Cérémonie qui aura lieu au Panthéon, le 2 juillet 1949, à l'occasion de l'inauguration, par l'**Association des Écrivains combattants**, des plaques rappelant les noms des 197 écrivains tombés pendant la dernière guerre.

([2]) *Morphologische und zytologische Untersuchungen an Gramineen* (*Wissench. Arch. d. Landw.*, 1).

([3]) *Cyto-taxonomical studies on boreal plants.* III (*Arkiv för Botanik*, 31, A, p. 16).

([4]) Les échantillons récoltés dans cette dernière localité se rapportent à une forme luxuriante (plantes formant de grosses touffes qui atteignent 1m de haut, à feuilles mesurant jusqu'à 1cm de large, à panicule de 11-15cm de long).

([5]) *Systematische Karyologie der Familie Gramineen*, 1928; *Karyosystematische Untersuchung der familie Gramineen* (*Bull. Appl. Bot., Genet. and Plant Breed.*, Suppl. 43, 1931).

PLI CACHETÉ.

M. **Raymond Douce** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 29 novembre 1948 et enregistré sous le n° 12495.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient deux Notes intitulées *Explication de l'aberration des étoiles fixes basée sur les équations de transformation de Lorentz* et *Nouvelle théorie philosophique de l'électricité.*

(Renvoi à la Section de Physique générale.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Faune de France. 50. *Coléoptères scolytides,* par Alfred Balachowsky (présenté par M. Fage.)

ALGÈBRES NON ASSOCIATIVES. — *Algèbres symétriques à division d'ordre quatre.* Note de M. **Raymond Raffin**, présentée par M. Élie Cartan.

Il est clair que même les algèbres monosymétriques (¹) ne sont pas toutes à division : une algèbre réelle d'ordre trois, par exemple, a nécessairement des diviseurs de zéro.

Nous considérons les algèbres d'ordre quatre. Dans le cas où l'on se place dans le corps R des nombres réels, les polynomes minima à gauche et à droite ne peuvent, ni l'un ni l'autre, être du troisième degré, car ils admettraient alors un facteur linéaire, ce qui est impossible (²).

Nous allons nous borner au cas où il y a un polynome minimum du second degré. D'après le théorème 3 (¹)₁ il suffit de déterminer parmi les algèbres de base e, i, j, k, où e est un élément unité et où

$$i^2 = j^2 = k^2 = -e,$$
$$i.j = -j.i, \quad j.k = -k.j, \quad k.i = -i.k$$

celles qui sont à division. Il y a encore deux cas à considérer :

1° $i.j = a_1 e + a_2 i + a_3 j$. Il existe alors une sous-algèbre. A certains x de cette sous-algèbre, on peut associer *plusieurs* y tels que $x.y = e$. Ce cas est donc à exclure.

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1685.

(²) Albert, *Non associative algebras* (*Annals of Math.*, 43, 1942, p. 704).

2° $e, i, j, i.j$ forment une base indépendante. On prendra $i.j = k$. La table de multiplication de cette algèbre $\mathfrak{D}$ sur le corps k est de la forme :

$$\begin{array}{llll} e & i & j & k \\ i & -e & k & me+\alpha i+\beta j+\gamma k \\ j & -k & -e & ne+\delta i+\varepsilon j+\eta k \\ k & -me-\alpha i-\beta j-\gamma k & -ne-\delta i-\varepsilon j-\eta k & -e \end{array}$$

où $m, n, \alpha, \ldots, \eta \in K$.

Soient

$$x = x_1 e + x_2 i + x_3 j + x_4 k,$$
$$a = a_1 e + a_2 i + a_3 j + a_4 k,$$

deux nombre de $\mathfrak{D}$. On peut écrire

$$a.x = a\Gamma_x.$$

Au premier membre figure le produit dans $\mathfrak{D}$. Le second membre est le produit du vecteur ligne $a = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ par la matrice

$$\Gamma_x = (\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_4)x,$$

x étant le vecteur colonne, $x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix}$ et Γ_i les matrices

$$\Gamma_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & m \\ 0 & 0 & -1 & n \\ 0 & -m & -n & -1 \end{pmatrix}, \qquad \Gamma_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \alpha \\ 0 & 0 & 0 & \delta \\ 0 & -\alpha & -\delta & 0 \end{pmatrix},$$

$$\Gamma_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \beta \\ 1 & 0 & 0 & \varepsilon \\ 0 & -\beta & -\varepsilon & 0 \end{pmatrix}, \qquad \Gamma_4 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \gamma \\ 0 & -1 & 0 & \eta \\ 1 & -\gamma & -\eta & 0 \end{pmatrix}.$$

J'ai

$$\det\Gamma_x = x'x.x'Gx,$$

x' étant le transposé de x et G la matrice symétrique :

$$G = \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2}\gamma & -\frac{1}{2}\eta & \frac{1}{2}(\alpha+\varepsilon) \\ -\frac{1}{2}\gamma & -\beta & \frac{1}{2}(\alpha-\varepsilon) & \frac{1}{2}(\beta\eta-\gamma\varepsilon) \\ -\frac{1}{2}\eta & \frac{1}{2}(\alpha-\varepsilon) & \delta & \frac{1}{2}(\gamma\delta-\alpha\eta) \\ \frac{1}{2}(\alpha+\varepsilon) & \frac{1}{2}(\beta\eta-\gamma\varepsilon) & \frac{1}{2}(\gamma\delta-\alpha\eta) & \alpha\varepsilon-\beta\delta \end{pmatrix}.$$

Il est remarquable que m et n n'interviennent pas dans det Γ_x.

L'équation $Q = x'Gx = 0$ représente en coordonnées homogènes une

certaine quadrique (Q). Pour que $\mathfrak{D}$ soit à division, dans le cas général d'un corps réel K, il faut et il suffit que $x'Gx$ ne s'annule jamais quel que soit x. Dans le cas du corps R, il faut et il suffit que (Q) soit un ellipsoïde imaginaire. Par suite :

Théorème. — *Toute algèbre symétrique à division, réelle, d'ordre quatre et de degré deux, est équivalente (réellement) à une algèbre* $\mathfrak{B}$ (³) *dans laquelle* $i.j = k$ *et où la quadrique* (Q) *est un ellipsoïde imaginaire. Inversement, une algèbre remplissant ces conditions est une algèbre symétrique à division.*

Des exemples sont donnés par les algèbres :

e	i	j	k
i	$-e$	k	$me + \alpha i - a^2$
j	$-k$	$-e$	$ne + b^2 i + \alpha j$
k	$-me - \alpha i + a^2 j$	$-ne - b^2 i - \alpha j$	$-e$

pour a, b, α, m, n quelconques dans R sauf $ab \neq 0$. Pour que ces algèbres soient associatives, il faut et il suffit que

$$\alpha = m = n = 0, \qquad a^2 = b^2 = 1.$$

On obtient alors les quaternions.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Le problème de Dirichlet géodésique.* Note (*) de M. **Marcel Brelot**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Limitons-nous à un domaine borné Ω de l'espace euclidien à $n \geqq 2$ dimensions. Prenons-y la métrique *géodésique*, où la distance de deux points est la borne inférieure des longueurs des arcs de Jordan joignant ces points dans Ω. La complétion de cet espace métrique donne un espace noté $\widehat{\Omega}$. L'adjectif géodésique ou l'indice g pour un terme de topologie indiquera qu'il s'agit de $\widehat{\Omega}$. Ainsi $\widehat{\Omega} - \Omega$ sera la frontière géodésique F de Ω.

Grâce aux résultats d'une Note récente (¹), il est possible de traiter un problème de Dirichlet pour Ω et F, dit problème géodésique, plus raffiné que le problème *ramifié* (²) dans lequel la distance analogue était la borne inférieure

(³) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1685.

(⁴) Dickson dans *Linear Algebras* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 13, 1912, p. 59-73) obtient déjà quelques résultats concernant les algèbres symétriques. Cependant, comme il ne distingue pas les inverses à gauche, les inverses à droite et les inverses bilatères, il n'introduit pas les trois types d'algèbre étudiés dans cette Note et dans la précédente. Contrairement à son affirmation (p. 72) l'existence (et l'unicité) de l'inverse (à gauche par exemple) de tout élément, entraîne bien que l'algèbre est à division, même dans le cas non associatif.

(*) Séance du 30 mai 1949.

(¹) M. Brelot et G. Choquet, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1556.

(²) M. Brelot, *Annales de l'Université de Grenoble*, 22, section math-phys., p. 167-200.

des diamètres des arcs joignant les deux points dans Ω. On adaptera pas à pas la théorie ramifiée; la seule difficulté sera levée par le lemme 2 qui suit. Soulignons l'essentiel :

2. THÉORÈME 1. — *f étant une fonction réelle sur* F, *considérons les fonctions dans Ω valant* $-\infty$ *ou sous-harmoniques, dont chacune est bornée supérieurement et admet en tout point* $P \in F$, *une* $\limsup_g \leq f(P)$. *L'enveloppe supérieure* $\underline{\mathcal{H}}_f(M)$ *de ces fonctions est* $+\infty$, $-\infty$ *ou harmonique; et* $-\underline{\mathcal{H}}_{(-f)}$ *notée aussi* $\overline{\mathcal{H}}_f$ *et définissable directement de manière analogue majore* $\underline{\mathcal{H}}_f$.

La propriété de $\underline{\mathcal{H}}_f$ s'établit comme dans le problème classique.

L'inégalité, fondamentale, vient de ce que, en topologie euclidienne, l'ensemble des points-frontière non accessibles par arc de longueur finie est de mesure harmonique nulle (corollaire 2 de la Note précédente) ou plus directement du corollaire 1.

Lorsque $\underline{\mathcal{H}}_f$ et $\overline{\mathcal{H}}_f$ sont égales et finies, f sera dite résolutive et la valeur commune des fonctions notée $\mathcal{H}_f$.

3. LEMME 1. — *Pour la fonction de Green* $G_o(M)$ *de tout pôle* O *dans* Ω, *l'intégrale en volume* $\int |\text{grad } G|\, dv$ *est majorée par* $2(n-2)\sigma D$, *où* D *est le diamètre euclidien de Ω et σ l'aire de la sphère-unité* (*ou* $4\pi D$ *dans le plan*).

Il suffit de considérer G comme différence du potentiel de la masse 1 en O et de la masse obtenue par le balayage de Ω.

De cette inégalité, avantageuse pour établir le théorème 1 de la Note précédente sur les lignes de Green, on déduit grâce aux propriétés données de ces lignes, le résultat-clef suivant :

LEMME 2. — *Soit sur la frontière ordinaire* (*ou ramifiée*) *un ensemble harmoniquement mesurable e. Il y correspond* ([3]) *dans* F *un ensemble* e_1. *Si* M_n *est une* suite régulière ([4]) *de points dans* Ω, *satisfaisant à*

$$\text{distance géodésique de } M_n \text{ à } e_1 > \delta \text{ fixe} > 0,$$

la mesure harmonique de e en M_n *tend vers* 0.

THÉORÈME 2. — *Si f sur* F *est bornée supérieurement et* M_n *une suite régulière tendant géodésiquement vers* $P \in F$,

$$\limsup_{n \to \infty} \overline{\mathcal{H}}_f(M_n) \leq \limsup_g \text{ de } f \text{ en } P.$$

THÉORÈME 3. — *Soit f bornée continue sur* F; *elle est résolutive; de plus, si* ω_n *est un domaine croissant avec* $\overline{\omega}_n \subset \Omega$ *et* $\omega_n \to \Omega$, *et* Φ *un prolongement borné continu de f dans* $\hat{\Omega}$, *la fonction de Wiener* $H_{\Phi}^{\omega_n}$ *tend vers* $\mathcal{H}_f$.

([3]) La convergence géodésique entraînant la convergence ordinaire (ou ramifiée) définit une application de la frontière géodésique dans la frontière ordinaire (ou ramifiée). e_1 est l'image réciproque de e.

([4]) C'est-à-dire telle que $G_0(M_n) \to 0$, ce qui ne dépend pas de O.

4. Reportons-nous à la Note précédente et définissons sur F une mesure harmonique géodésique $\mu^0(e)$ relative à un point $O \in \Omega$, par la condition que e soit de mesure α si l'ensemble maximum des lignes de Green régulières (issues de O) aboutissant géodésiquement en des points de e est de ν-mesure égale à α. Alors :

THÉORÈME 4. — *Pour que f sur F soit résolutive, il faut et suffit qu'elle soit sommable pour la mesure harmonique géodésique (relative à un point O quelconque de Ω). Alors $\mathcal{H}_f(O) = \int f d\mu^0$.*

L'extension systématique des applications de la mesure harmonique ordinaire à la mesure ramifiée peut se faire maintenant à la mesure géodésique.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les dimensions des granules photosphériques.* Note (*) de M. **Constantin Macris**, présentée par M. Bernard Lyot.

On sait que les recherches sur les dimensions des granules photosphériques présentent un grand intérêt pour la physique solaire.

Le premier, Janssen [1] donnait, pour les granules, un diamètre compris entre 1″ et 2″. Plus tard, en 1908, Hansky [2] leur trouva une forme ronde avec un diamètre de 1″, et Chevalier [3], mesure un diamètre moyen de 1″,5.

Strebel et Thuring [4] ont travaillé avec un filtre, en lumière ultraviolette. Ils concluent à l'existence de deux couches photosphériques, les granules de la couche inférieure ayant un diamètre de 1″ à 2″ seulement, ceux de la couche supérieure de 5″ à 10″. D'ailleurs Strebel [5] a montré plus tard que les granules considérés individuellement avaient un diamètre qui dépendait de la longueur d'onde et que leur forme était en réalité polygonale. H. H. Plaskett [6], puis P. ten Bruggencate, W. Grotrian et E. von der Pahlen [7] opérant microphotométriquement en lumière violette, ont également trouvé un diamètre moyen de 5″. Enfin P. C. Keenan [8], utilisant une longueur d'onde de 5500 Å, a obtenu un diamètre moyen de 1″,4.

Voulant poursuivre ces études, nous avons utilisé deux excellentes photographies de la granulation, intervalle de pose 10 sec., prises par M. B. Lyot à l'Observatoire du Pic du Midi en 1943, avec une lunette de 23cm d'ouverture

(*) Séance du 16 mai 1949.
(1) *Ann. de l'Obs. d'Astr. de Paris* (Meudon), 1, 1896.
(2) *Pulkovo Mitt.*, 3, 1908, p. 1.
(3) *Ap. J.*, 27, 1908, p. 12; *Ann. Zô-Sé*, 8, 1912, p. C1.
(4) *Z. f. Astroph.*, 5, 1932, p. 348.
(5) *Z. Aph.*, 6, n° 4, 1933, p. 313.
(6) *M. N. Roy. Astron. Soc.*, 96, 1936, p. 402.
(7) *Z. Aph.*, 16, 1-2, 1938, p. 51.
(8) *Aph. J.*, 88, n° 3, 1938, p. 360.

et un filtre vert jaune (λ max. 5500 Å). Nous avons effectué les mesures à l'aide d'un micromètre qui permet d'opérer dans deux directions perpendiculaires. Nous avons corrigé l'effet de perspective en ramenant, par des coefficients appropriés, les dimensions à ce qu'elles seraient au centre du disque.

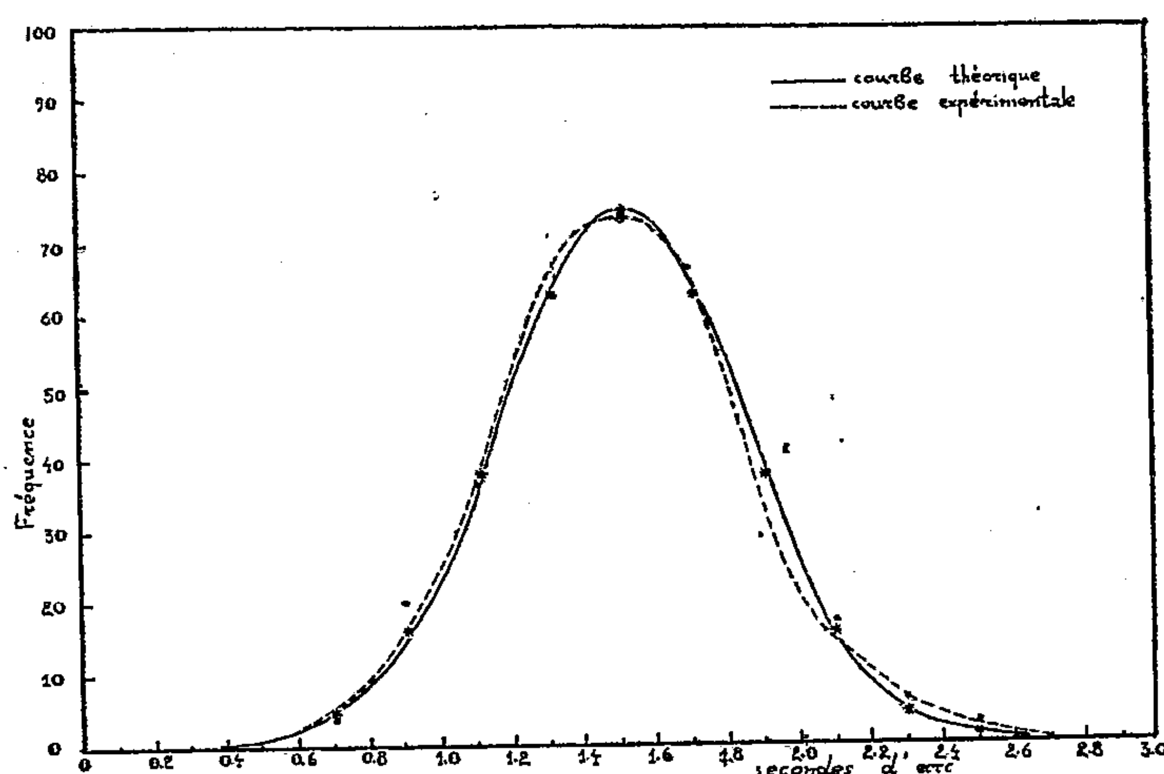
Dans le Tableau sont réunis les résultats. La deuxième colonne donne le nombre de granules mesurés sur chaque cliché, la troisième et quatrième, le diamètre moyen des grains mesurés dans les deux directions considérées et la dernière, le diamètre moyen lors qu'on suppose que tous les grains sont ronds.

TABLEAU.

Images.	Nombre de grains mesurés.	Diamètre moyen Axe E.-O.	Diamètre moyen Axe N.-S.	Diamètre moyen.
1er cliché	173	1″,79	1″,63	1″,71
2e cliché	152	1″,78	1″,58	1″,68

On voit, d'après ces mesures, que le diamètre moyen est plus grand de 0″,2 environ dans la direction E-O que dans la direction N-S.

La statistique sur le nombre total des granules mesurés (325), montre que 174 d'entre eux (53,5 %) présentent un allongement dans la direction E-O, que 106 (32,6 %) sont ronds et que 45, seulement (13,9 %) sont allongés dans l'axe N-S. Cet allongement préférentiel dans l'axe E-O peut être attribué à des causes liées à l'observation : 1° l'agitation atmosphérique; 2° la réfraction par des courants d'air chaud au voisinage du foyer; 3° l'instabilité de l'instrument qui était plus grande en ascension droite qu'en déclinaison.



Il faut cependant remarquer que cette différence entre les deux diamètres apparaît sur deux clichés pris à des instants différents et nous pouvons penser à l'existence possible d'un effet d'origine solaire provoquant l'allongement des grains dans le sens de la rotation.

Si l'on considère les granules comme ronds, les mesures ci-dessus donnent un diamètre moyen de 1″,70, mais cette valeur est surestimée par suite de la difraction. Pour la lunette de 23cm du Pic du Midi, la distance du centre de l'image d'un point au premier anneau, calculée par la formule habituelle, est égale à 0″,6. Mais ainsi que le fait remarquer Keenan [8], la correction à appliquer est certainement bien plus petite. Ici, elle ne doit pas excéder 0″,2, car les clichés montrent, même dans les granules de 1″,5 de diamètre, un grand nombre de détails.

La figure représente la courbe de fréquence des grains en fonction du diamètre. Elle coïncide exactement avec la courbe théorique de Gauss. La répartition des granules relativement à leur diamètre obéit donc à la loi du hasard.

Les diamètres des grains se rangent entre 0″,9 (676km) et 2″,1 (1537km). La valeur moyenne, après avoir appliqué la correction ci-dessus, est égale à 1″,5 (1098km).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Un théorème général sur les probabilités de transition d'un système quantifié avec dégénérescence spatiale.* Note (*) de MM. **Sybren R. de Groot** et **Hendrik A. Tolhoek**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Quand on considère des transitions d'un système quantifié, par exemple émission d'un photon par un atome ou émission d'une paire d'électron-neutrino par un noyau, il y a en général dégénérescence spatiale pour le système. On peut spécifier l'état du système par n (qui définit l'énergie E_n) et par m, qui définit la composante z du moment angulaire total j. La probabilité de transition totale d'un niveau initial quelconque (indiquée par l'indice i et avec une valeur m_i pour m) à tous les états finaux m_f possibles appartenant à un niveau n_f est donnée par la somme :

$$A_{if}(m_i) = \sum_{m_f} A(n_i, m_i; n_f, m_f). \tag{1}$$

Les grandeurs $A(n_i, m_i; n_f, m_f)$ sont les probabilités de transition partielles. Maintenant on a le théorème :

A_{if} *ne dépend pas de* m_i, *si l'Hamiltonien du système est invariant pour les rotations de l'espace.*

Nous avons trouvé une démonstration très générale de ce théorème. Nous nous bornons ici à indiquer les points essentiels et renvoyons pour les détails à [1].

La démonstration ordinaire, qu'on rencontre dans la théorie de l'émission de la lumière, prend comme point de départ des expressions pour la valeur

(*) Séance du 30 mai 1949.

(1) S. R. de Groot et H. A. Tolhoek, *Physica*, 1949 (sous presse).

relative des éléments de matrice ([2]). Cependant cette démonstration n'est valable que pour les transitions admises, tandis que notre démonstration contient aussi le cas des transitions interdites. (L'indépendance de A_{if} de m_i peut être considérée de la manière suivante : m_i ne donne qu'une orientation du système et toutes les orientations sont équivalentes si l'Hamiltonien est invariant pour les rotations de l'espace. De cette considération on peut présumer le théorème, cependant cet argument n'est pas exact.)

De façon analogue à (1) on peut former

$$(2)\qquad A'_{fi}(m_f)=\sum_{m_i} A(n_i,\, m_i;\, n_f,\, m_f).$$

Les A'_{fi} sont indépendants de m_f, ce qui peut être démontré de la même façon que l'indépendance de A_{if} de m_i.

Une conséquence immédiate de l'indépendance de A_{if} de m_i et de A'_{fi} de m_f est que :

$$(3)\qquad \frac{A_{if}}{A'_{fi}}=\frac{2j_f+1}{2j_i+1},$$

parce que

$$\sum_{m_i} A_{if}(m_i)=\sum_{m_f} A'_{fi}(m_f)=\sum_{m_i,\, m_f} A(n_i,\, m_i;\, n_f,\, m_f).$$

La propriété (3) est connue depuis longtemps pour la lumière et pour les transitions admises sous le nom de *règle des sommes d'Ornstein et Burger* ([3]).

Les mêmes questions que pour l'émission de la lumière apparaissent dans la théorie de la radioactivité β. Cependant pour ce dernier phénomène les transitions interdites jouent un rôle beaucoup plus grand que pour le cas de l'émission de la lumière. L'utilisation du théorème est importante pour la discussion des éléments de matrice, qui déterminent les probabilités de transition pour l'émission β ([4]), ([5]).

Pour la démonstration nous faisons usage des ensembles de Gibbs de systèmes quantifiés. Nous démontrons d'abord le lemme suivant : *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un ensemble de Gibbs de systèmes quantifiés soit invariant pour les rotations de l'espace est que la matrice de densité ρ_{kl} a la forme*

$$(4)\qquad \rho_{kl}=P\,\delta_{kl}\quad \text{(où P est une constante).}$$

([2]) B. L. v. d. WAERDEN, *Die gruppentheoretische Methode in der Quantenmechanik*, Berlin, 1932, p. 78.

([3]) E. U. CONDON et G. H. SHORTLEY, *The Theory of Atomic Spectra*, Cambridge, 1935, p. 238.

([4]) R. E. MARSHAK, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 431.

([5]) R. BOUCHEZ, S. R. DE GROOT, R. NATAF et H. A. TOLHOEK, *Journ. de Phys.*, 1949 (sous presse).

Pour établir ceci on considère la transformation de ρ_{kl} pour les rotations infinitésimales. Des propriétés générales de ces rotations suffisent pour établir (4). A l'aide de ce lemme la démonstration de notre théorème suit quand on considère un ensemble invariant pour les rotations formé de systèmes avec un Hamiltonien invariant pour les rotations. Le fait que cet ensemble doit rester invariant pour les rotations pendant le temps, mène directement au théorème cherché.

HAUTES FRÉQUENCES. — *Sur la mesure de la perméabilité magnétique en ultra-haute fréquence.* Note (*) de Mme **Jeanne Soutif-Guicherd** et M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié la réalisation d'une méthode dont le principe avait été signalé il y a quelques années par M. J. Bernier [1] : le mode de vibration du type coaxial se transforme de manière continue en le mode fondamental du cylindre de révolution, lorsque le diamètre du conducteur interne tend vers zéro. J. Bernier a montré que tant que le diamètre du conducteur central était supérieur à dix fois la valeur de l'épaisseur de peau, le décalage $d\lambda$ de la longueur d'onde propre du coaxial par rapport à sa valeur normale λ_0 lorsque a est grand était donné par la formule

$$(1) \qquad \frac{d\lambda}{\lambda_0} = \frac{\sqrt{\mu_r}}{2\left(\frac{a}{\delta_0}\right) \mathrm{L}_n\left(\frac{b}{a}\right)},$$

a, rayon du conducteur central, b rayon du conducteur externe, δ_0 épaisseur de peau, pour un conducteur de même résistivité que l'échantillon mais de perméabilité relative $\mu_r = 1$; μ_r perméabilité relative de l'échantillon.

Cette formule montre que $d\lambda$ est proportionnel à la racine carrée de la perméabilité relative du métal qui constitue le conducteur central. On peut donc mettre en évidence les variations de μ_r en fonction de différents facteurs physiques, en particulier d'un champ constant de polarisation à partir des changements corrélatifs de $d\lambda$, mais il faut pour cela que la courbe de résonance du résonateur reste assez aiguë; nous avons vérifié qu'il en était ainsi. Nous avons calculé la demi-largeur de la courbe de résonance $d_1\lambda$, et montré que son expression était égale au $d\lambda$ calculé suivant la formule (1) ; $d_1\lambda = d\lambda$, si bien que la courbe de résonance réelle du résonateur se trouve nettement déplacée par rapport à la longueur normale de résonance du coaxial λ_0(λ_0 égale deux fois la longueur du résonateur pour un coaxial vibrant en demi-onde); la courbe s'aplatit en même temps, de sorte que les courbes correspon-

(*) Séance du 30 mai 1949.

(1) *Sur la théorie des cavités électromagnétiques*, Ch. IX, p. 77-90 (*Thèse*, Paris, 1944).

dant à différentes valeurs de μ_r passent toutes par un point fixe, obtenu pour $\lambda = \lambda_0$; la qualité de chacun des résonateurs est $Q = \lambda_0/d\lambda$, c'est-à-dire :

$$2[(a/\delta_0)\,L_n(b/a)]/\sqrt{\mu_r}.$$

Nous avons vérifié ces résultats expérimentalement de manière qualitative pour $\lambda_0 = 3^{cm}$, le fil central du résonateur étant en ferro-nickel de diamètre 5/10 de millimètre; les variations de perméabilité et par conséquent de $d\lambda$ étaient obtenues par l'application au fil central d'un champ constant de quelques centaines de gauss.

Cette méthode a l'avantage de s'appliquer aux fils d'un traitement métallurgique commode; nous espérons l'adapter à l'étude de la résonance ferromagnétique en tenant compte de la composante imaginaire de la perméabilité.

OPTIQUE. — *Sur la variation de l'anisotropie optique moléculaire avec la longueur d'onde*. Note (*) de M. **Roger Servant**, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait combien les mesures sur la variation du facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par les liquides en fonction de la longueur d'onde (Martin, Turner, Mitra, Krishnan, etc.) sont délicates et difficiles à interpréter. Aussi, les conclusions relatives à la dispersion de l'anisotropie optique sont-elles encore assez contradictoires. Ces mesures viennent d'être reprises récemment sur le benzène [1].

Je voudrais indiquer ici que les résultats sur les biréfringences électriques et magnétiques des liquides (effets Kerr et Cotton-Mouton) ou même cristallines, sont susceptibles de fournir sur le même sujet des précisions importantes :

Remarquons d'abord que la théorie de l'orientation, de Langevin-Born, conduit à admettre que la biréfringence d'un liquide dans un champ électrique ou magnétique est proportionnelle à $\delta[1-(3/2)J]$, δ étant l'anisotropie optique et J l'intégrale classique $\frac{1}{N}\int \sin^2\theta\, dN$ de Langevin. Cette quantité J prend des valeurs différentes suivant que l'orientation est due à une anisotropie électrique δ_E, ou magnétique δ_M, ou encore à un moment permanent m, ou à un moment orbital (dans le cas d'un spin découplé), etc. Les formules qui font apparaître l'effet Kerr comme proportionnel au carré δ^2 de l'anisotropie, sont en réalité obtenues en remplaçant le produit $\delta\delta_E$ par δ^2, ce qui se justifie lorsqu'on veut calculer une valeur moyenne de l'anisotropie. Mais, à partir de telles formules et par un raisonnement théorique souvent repris, on a cru pouvoir déduire que δ^2 [égal par exemple à $5\gamma\rho/(6-7\rho)$ dans le cas des liquides] devait être pro-

(*) Séance du 30 mai 1949.

(1) G. de Vaucouleurs, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 914.

portionnel à (n^2-1) ou $(n^2-1)/(n^2+2)$. En réalité, il faut conclure dans les mêmes hypothèses que c'est δ. Montrons comment cette prévision est confirmée :

1. *Cristaux uniaxes.* — Si, suivant une idée appliquée par Langevin au quartz, on assimile un cristal uniaxe à un alignement convenable de *molécules* d'anisotropie δ, il est facile de montrer que cette anisotropie est proportionnelle à la quantité

$$\Delta = \frac{n_0^2 - n_e^2}{2n_0^2 + n_e^2 - 3}.$$

Or, on peut comparer directement Δ à (n^2-1), par exemple dans le cas du spath. Voici quelques nombres extraits de cette comparaison :

λ (Å)	2573.	4413.	7682.	8325.	10973.
Δ	0,1369	0,1182	0,1129	0,1123	0,1106
n_0^2-1	2,100	1,803	1,722	1,715	1,695
$100\,\Delta/(n_0^2-1)$	6,52	6,56	6,56	6,55	6,52

On voit que l'anisotropie optique est proportionnelle à (n^2-1). La conclusion est la même pour le quartz.

2. *Liquides.* — J'ai montré que la dispersion des constantes de Kerr et de Cotton-Mouton en fonction de la longueur d'onde, peut être traduite avec une grande précision ([2]) par une formule du type

$$C = \frac{a\lambda}{\lambda^2 - b}.$$

La constante a s'exprime à partir de la théorie de Langevin-Born en fonction des constantes moléculaires. Elle est proportionnelle à l'anisotropie optique δ et en permet le calcul. Mais, si au lieu de considérer les valeurs moyennes, on suppose que l'anisotropie varie proportionnellement à (n^2-1), on montre facilement que la constante b, au lieu d'être égale au λ_0^2 intervenant dans la formule de réfractivité à un terme, doit être sensiblement égale à $1,75\,\lambda_0^2$. C'est ce que confirment les nombres suivants, extraits d'un travail à paraître :

	b expérimental.		
	Effet Kerr.	Effet Cotton-Mouton.	b calculé.
Benzène	–	3	2,8
Chlorobenzène	3,4	3,4	3,5
Hexane	1,6	–	1,6
Nitrobenzène	4	4	4,2
Sulfure de carbone	5	5	5,25
Toluène	3,7	3,7	3,7

Ainsi, la dispersion de l'anisotropie optique reste faible vis-à-vis de celle de

([2]) R. Servant, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 780; *J. de Physique*, 4, 1943, p. 105.

la biréfringence. Pour l'hexane par exemple, δ varie de 16 % de $0^{\mu},58$ à $0^{\mu},25$, alors que la constante de Kerr varie de 190 %, et l'usage de valeurs moyennes reste parfaitement justifié. Mais, en toute rigueur, on doit conclure de l'analyse des résultats rappelés plus haut que l'anisotropie optique δ varie proportionnellement à (n^2-1). Cette conclusion s'appuie sur l'interprétation de mesures polarimétriques très précises, s'étendant sur un très large domaine spectral.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'oxyde azotique gazeux dans la région de Schumann.* Note de Mlle **Janine Mayence**, MM. **Jacques Romand** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre d'absorption ultraviolet de l'oxyde azotique gazeux a été étudié par différents auteurs, en particulier, d'une manière quantitative par Lambrey dans l'ultraviolet moyen ([1]), et qualitativement par Leifson dans la région de Schumann ([2]). L'effet de pression presque quadratique trouvé par Lambrey et resté inexpliqué, ainsi que la présence d'une bande continue débutant dans l'ultraviolet moyen [signalée par Lambrey et observée jusqu'à 2600 Å par Herzberg dans un travail récent ([3])] nous ont conduits à faire l'étude quantitative du spectre d'absorption de NO dans la région de Schumann.

Ce travail a été poursuivi à l'aide de l'appareil réalisé par l'un d'entre nous ([4]). Afin de réduire les temps de pose, nous avons pris délibérément une fente large ($0^{mm},05$), car avec le spectrographe utilisé nous ne pouvions pas espérer obtenir une résolution complète.

L'oxyde azotique était préparé et distillé dans le vide suivant un procédé déjà décrit ([5]). Nous avons utilisé des cuves dont les longueurs sont 1, 10, 50 et 500^{mm}, et des pressions variant de 10 à 700 Torr. Le spectre d'absorption a été ainsi étudié à la température ordinaire (18°C) depuis 4000 jusqu'à 1400 Å; l'oxyde azotique était pur ou mélangé avec des gaz étrangers transparents dans cette région (hélium et argon) dont la pression partielle variait de 100 à 400 Torr.

Nous avons observé les 4 systèmes de bandes de vibration (β, γ, δ, ε) déjà connus, ainsi que deux bandes continues, l'une dont le maximum est situé à 1440 Å ($K_n = 3$), l'autre, environ 10 fois moins intense, et dont le maximum se trouve à 1820 Å. Cette dernière est celle dont Lambrey d'une part et Herzberg d'autre part ont observé la partie situé dans l'ultraviolet moyen.

L'ensemble de nos résultats expérimentaux peut se résumer comme suit :

([1]) *Ann. Phys.*, **14**, 1930, p. 95-183.
([2]) *Astrophys. J.*, **43**, 1926, p. 73.
([3]) H.-J. Bernstein et G. Herzberg *J. Chem. Phys.*, **15**, 1947, p. 77.
([4]) J. Romand, *Thése*, Paris, 1948; *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 238.
([5]) B. Vodar, J. Jardillier et J. Mayence, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1343.

a. Aucun effet de pression sur aucune des bandes, quand le gaz est pur, dans le domaine des pressions utilisées. On en déduit qu'aucune des bandes que nous observons n'est due à une molécule associée.

b. Aucun effet de dissociation photochimique, même en changeant totalement les conditions expérimentales : temps de pose très court (10^{-4} sec) avec un éclairement très intense, irradiation prolongée pendant une demi-heure.

c. Par contre nous observons une variation du coefficient d'absorption des bandes β, γ, δ, ε avec la longueur de la cuve et la pression du gaz étranger. La densité optique relative aux maxima d'absorption est proportionnelle à la racine carrée de la longueur de la cuve; en présence d'un gaz étranger, elle est aussi proportionnelle à la racine carrée de la pression partielle de NO et à la racine carrée de la pression totale. L'ensemble des résultats *a* et *c* sont identiques aux effets couramment observés dans l'infrarouge et dont la théorie a été exposée par exemple par Nielsen ([6]). Ils ont leur origine dans le fait que nous étudions une bande non résolue; la variation avec la longueur ne suit pas la loi de Lambert parce qu'il y a des régions de transparence entre les raies; par contre la loi de Beer en fonction de la pression est vérifiée grâce à un effet de compensation dû à l'élargissement des raies. Quantitativement, nos résultats sont en parfait accord avec la théorie de Nielsen et peuvent être représentés par la formule : $d = K\sqrt{l}\sqrt{p}\sqrt{P}$ (d = densité optique; P = pression totale et p = pression partielle de NO). Si NO est pur, $P = p$; on retrouve la proportionnalité de d à p. Remarquons que nos résultats ne sont pas en contradiction avec ceux obtenus par Lambrey qui peuvent s'expliquer dans le cadre de la théorie de Nielsen, le pouvoir de résolution de l'appareil qu'il utilisait étant encore insuffisant pour résoudre complètement chaque raie et avoir le maximum réel.

d. Pour la bande continue de 1440 Å, nous n'avons observé de variation du coefficient d'absorption ni avec la longueur, ni avec la pression, ni en présence de gaz étrangers. Il est donc probable qu'il s'agit bien d'une bande continue appartenant au spectre de la molécule NO.

e. Par contre, pour l'autre bande plus faible (maximum à 1820 Å), le coefficient d'absorption varie comme pour les bandes β, γ, δ, ε. Il est peu probable que cette bande soit due à une impureté, car deux séries d'expériences dans des conditions différentes, nous ont donné les mêmes coefficients à quelques % près. Il est possible qu'elle ne soit que le lieu des pieds des bandes des différents systèmes, ce qui est vraisemblablement le cas au voisinage du maximum; mais son prolongement a été observé par Herzberg (avec une longueur de gaz de 30^m et une pression de 700 Torr) jusqu'à 2600 Å. D'autre part le gaz NO_2 possède une bande dans la région 1700-1900 Å et une autre vers 1400 Å; bien que la

([6]) J.-R. Nielsen, V. Thornton et E.-B. Dale, *Rev. mod. Phys.*, 16, 1944, p. 307.

présence dans NO d'une impureté en quantité notable soit peu vraisemblable, une étude quantitative de NO_2 dans la région de Schumann mérite d'être envisagée.

RAYONS X. — *Application de la théorie de Born et Green au calcul de l'intensité diffusée par les gaz et les liquides.* Note (*) de M. **Gérard Fournet**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une Note précédente [1] nous avions établi, à partir du potentiel $\Phi(r)$ d'un couple de particules à la distance r et en utilisant la théorie cinétique des fluides de Born et Green [2], une expression de l'intensité des rayons X diffusés par un ensemble de particules sphériques :

$$(1) \qquad \overline{I(h)} = \overline{N} F^2(h) \frac{v_1}{v_1 - (2\pi)^{\frac{3}{2}} \varepsilon \beta(h)}.$$

Cette formule n'est valable que pour les gaz, aussi avons-nous cherché à étendre nos résultats aux liquides. Dans ce dernier cas [2], le dénominateur de (1) peut s'annuler et il faut faire intervenir les racines z_u à partie imaginaire positive de l'équation complexe $v_1 - (2\pi)^{\frac{3}{2}} \varepsilon \beta(z) = 0$ pour obtenir l'expression générale :

$$(2) \qquad \overline{I(h)} = \overline{N} F^2(h) \left\{ 1 + \frac{2 v_1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \varepsilon} \sum_n \frac{z_u}{(z_u^2 - h^2)\beta'(z_u)} \right\}.$$

Ces formules permettent de calculer les courbes de diffusion d'une matière quelconque, gazeuse ou liquide, à partir du potentiel $\Phi(r)$ sans passer par l'intermédiaire des classiques fonctions de répartition $P(r)$ introduites par Zernicke et Prins. Avant d'employer les expressions (1) et (2), il faut toutefois déterminer $\beta(h)$ qui ne dépend que du potentiel $\Phi(r)$ et de la température. La théorie de Born et Green est également capable de fournir la fonction $P(r)$, mais la connaissance de $\beta(h)$ *et de la pression* est alors exigée. La méthode de calcul que nous proposons est donc beaucoup plus rapide que l'ancienne. Inversement à partir des courbes de diffusion on peut déterminer $\Phi(r)$, mais en pratique cette fonction ne sera connue avec précision que lorsqu'elle sera inférieure à 3 kT environ.

Pour éprouver cette théorie nous avons choisi l'argon, Rodriguez [3] ayant, d'une part, calculé la fonction $\beta(h)$ correspondant à une température de 150° K à

(*) Séance du 30 mai 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1421 (nous employons les mêmes notations dans la présente Note).

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, 188, p. 10; A, 189, p. 103.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, A, 196, p. 73.

partir de la formule de potentiel de Lennard-Jones et Eisenstein et Gingrich ([4]), d'autre part, mesuré les courbes de diffusion de l'argon sous différentes pressions à 149°, 3 K. Sur la figure 1 nous avons porté deux de ces courbes expérimentales correspondant à un gaz et un liquide voisins du point d'ébullition. La figure 2 représente trois courbes de diffusion *entièrement théoriques* [les facteurs de structure $F^2(h)$ sont ceux calculés par Jones et Brindley] de l'argon gazeux à 150° K sous différentes pressions. Il y a bon accord entre la courbe expérimentale (*fig.* 1) et la courbe la plus accidentée de la figure 2 relative au gaz

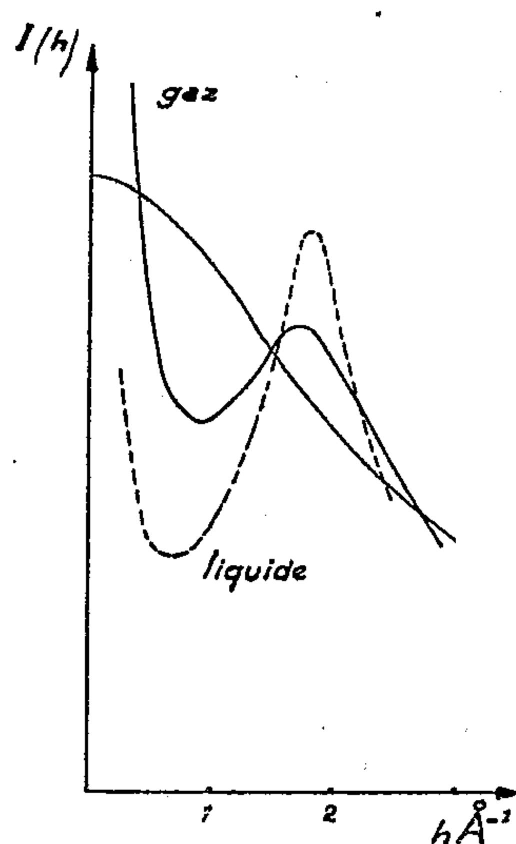


Fig. 1.

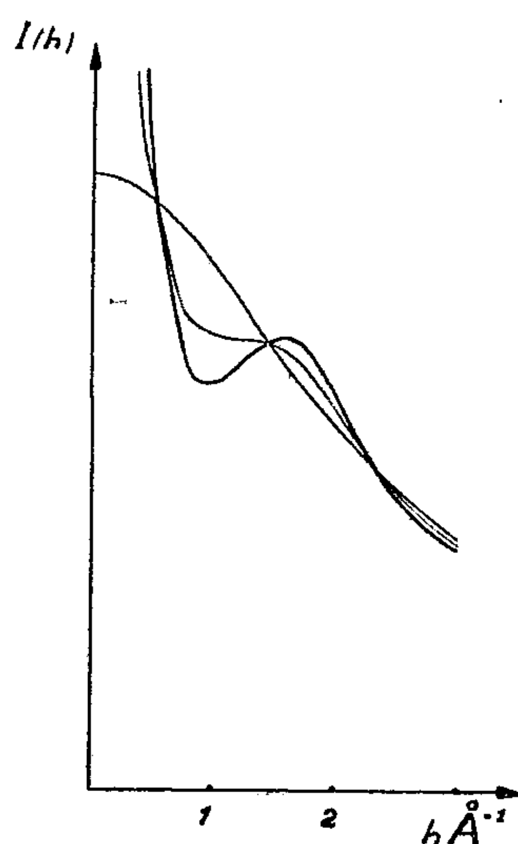


Fig. 2.

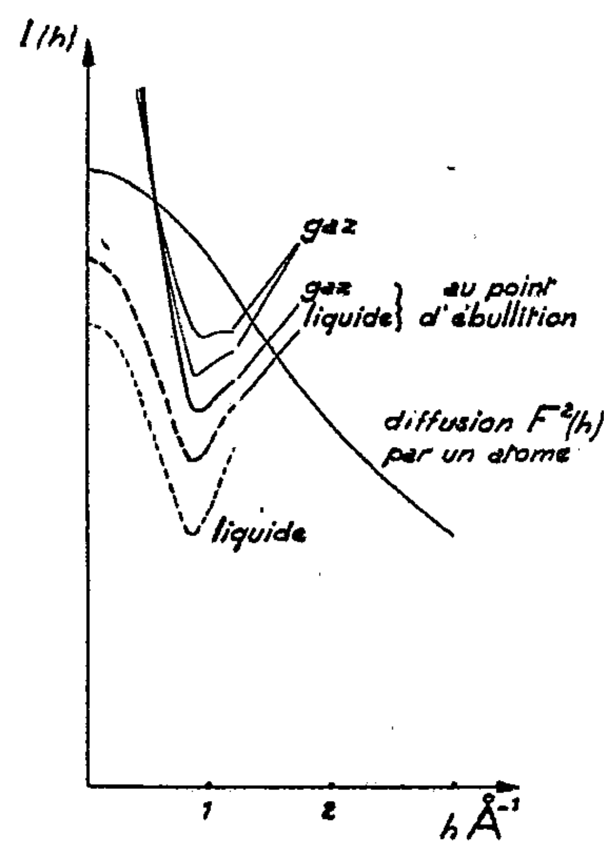


Fig 3.

juste avant liquéfaction. Pour obtenir les résultats relatifs aux liquides et les comparer à ceux des gaz (*fig.* 3) en évitant de longs calculs numériques, nous avons employé une approximation de $\beta(h)$ mauvaise au delà de $h = 1,2$ Å^{-1}. La différence entre les courbes du gaz et du liquide au point d'ébullition (d'ailleurs conforme à l'expérience) est inhérente à la théorie et indépendante de l'approximation choisie. La théorie prévoit ainsi une très grande différence entre la diffusion aux petits angles par un gaz et par un liquide de même densité, ce qui traduit ([5]), ([6]) que les fluctuations sont bien plus grandes dans le gaz que dans le liquide et par conséquent qu'il y a de fortes probabilités d'aggrégation temporaire dans le gaz. Ces formations de *grappes d'atomes* déduites par Eisenstein et Gingrich ([4]) et Vineyard ([7]) des résultats de rayons X n'ont donc pas besoin de faire l'objet d'hypothèses spéciales ([4]), ([7]) puisqu'elles sont contenues implicitement dans la fonction $\Phi(r)$.

([4]) *Phys. Rev.*, 62, 1942, p. 261.
([5]) M. J. Yvon, *Journ. Phys.*, 7, 1947, p. 202.
([6]) G. Fournet et A. Guinier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 66.
([7]) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1076.

La même expression théorique ([2]) permettant d'expliquer un grand nombre de faits expérimentaux relatifs aux gaz et aux liquides, nous espérons avoir apporté une preuve expérimentale de la théorie de Born et Green.

Nous pensons appliquer prochainement ces considérations à l'étude des colloïdes lyophobes et de certaines solutions solides métalliques.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarques sur la variation des sections efficaces des réactions* (γ, n) *et la structure des nuclides légers*. Note ([*]) de M. **Raymond Chastel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'effet photonucléaire donne lieu à un certain nombre de difficultés dans l'interprétation théorique des résultats expérimentaux concernant les sections efficaces ([1]) ([2]).

Le rapport des sections efficaces $\sigma(\gamma, p)/\sigma(\gamma, n)$ résultant des mesures de Hirzel et Wäffler ([3]) est considérablement plus grand que le rapport prévu à partir de la théorie statistique des noyaux (la divergence varie d'un facteur 10 à 1 000 pour des masses atomiques variant de 53 à 118).

La section efficace de la réaction $^{63}Cu(\gamma, n)^{62}Cu$ obtenue par Wäffler et Hirzel ([4]) $\sigma_{17,5}(\gamma, n) = 1,2 \pm 0,3\, 10^{-25}\, cm^2$ est de l'ordre de grandeur de la section géométrique du noyau de cuivre $\pi R^2 = 10^{-24}\, cm^2$, ce qui est très difficile à interpréter.

Enfin les sections efficaces des réactions (γ, n) présentent des variations importantes pour des nuclides voisins et en particulier une augmentation remarquable pour $Z > 20$. En vue d'interpréter ces derniers résultats, P. Jensen ([5]) a établi une comparaison entre les sections efficaces (γ, n) et les nombres isotopiques $N - Z$ (excès de neutrons) des nuclides considérés, il a observé un parallélisme frappant entre les courbes de variation en fonction de Z de ces deux grandeurs. Parallélisme qui se poursuit pour les noyaux légers jusque vers $Z = 40$. Il note seulement deux divergences pour ^{32}S et ^{46}Ti.

En vue d'interpréter les variations de section efficace pour des valeurs voisines de Z, il nous a paru intéressant de faire intervenir des considérations sur la structure des noyaux ainsi que Jensen le suggère lui-même. Nous avons à partir d'une idée émise à diverses reprises par F. Joliot, essayé d'introduire des groupements de protons et de neutrons au sein des noyaux et plus particulièrement des motifs structuraux nucléaires en particules alpha. On constate

([*]) Séance du 30 mai 1949.

([1]) Schiff, *Phy. Rev.*, 73, 1948, p. 1311.

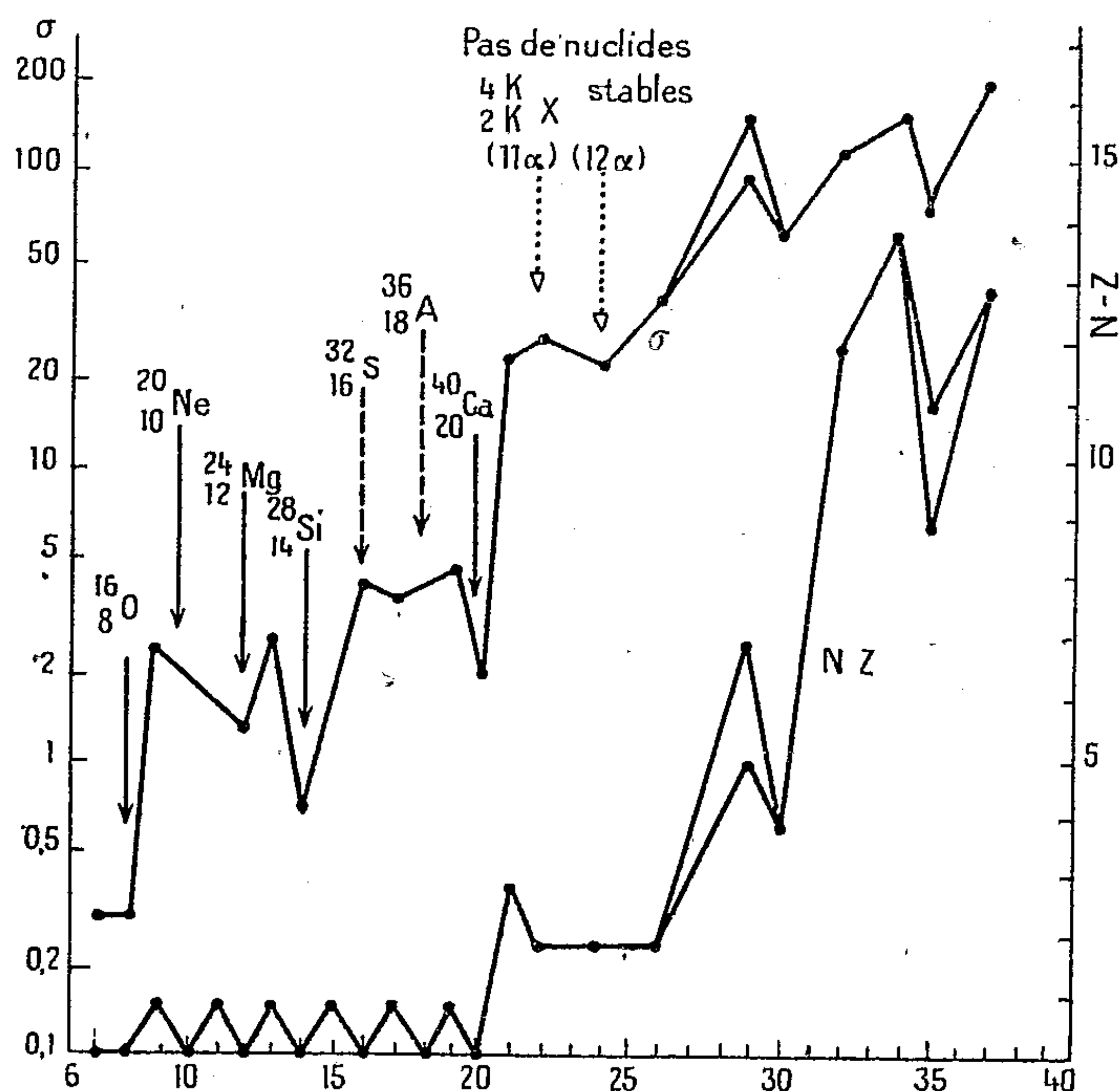
([2]) Courant, *Bull. Am. Phys. Soc.*, 23, n° 3, Abs. J3, 1948.

([3]) *Helv. Phys. Act.*, 20, 1947, p. 373.

([4]) *Helv. Phys. Act.*, 21, 1948, p. 200.

([5]) *Proc. Phys. Soc.*, 61, 1948, p. 579.

que les noyaux de la forme ${}^{4k}_{2k}X$ (k étant entier) où les nucléons peuvent être considérés comme groupés en un nombre entier de particules α tels que ${}^{16}_{8}O$, ${}^{24}_{12}Mg$, ${}^{28}_{14}Si$, etc., correspondent à des minima de section efficace. Tout se passe comme s'il était plus facile d'éjecter des neutrons non groupés dans des particules α. L'accord se poursuit jusqu'à ${}^{40}_{20}Ca$; au delà les noyaux stables ont un



plus grand excès de neutrons et l'on ne rencontre plus de noyau de la forme ${}^{4k}_{2k}X$, fait qui expliquerait la croissance brusque des sections efficaces pour $Z > 20$. Une seule exception apparaît pour ${}^{32}_{16}S$; encore cette exception n'est-elle que partielle car nous n'avons pas de détermination de section efficace pour ${}^{31}_{15}P$, valeur qu'il faudrait attendre comme plus grande que celle de ${}^{32}_{16}S$. De même on peut prévoir des minima de la courbe pour ${}^{20}_{10}Ne$ et ${}^{36}_{18}A$ pour lesquels on ne possède pas non plus de valeur de la section efficace (γ, n). Notons en outre que les noyaux ${}^{4k}_{2k}X$ correspondent dans tous les cas jusqu'à $Z = 20$ à des minima de la courbe des nombres isotopiques.

Les considérations précédentes montrent le grand intérêt qu'il y aurait à étudier systématiquement l'effet (γ, n) sur tous les noyaux légers dont $Z < 20$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la séparation des isomères nucléaires.* Note (*) de M. **Georges Kayas**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Il serait intéressant de pouvoir séparer les isomères nucléaires, pour étudier les filiations entre les différents états d'excitation d'un noyau et la nature des

(*) Séance du 30 mai 1949.

rayonnements émis, surtout dans les cas où le niveau fondamental a une période plus courte que le niveau excité.

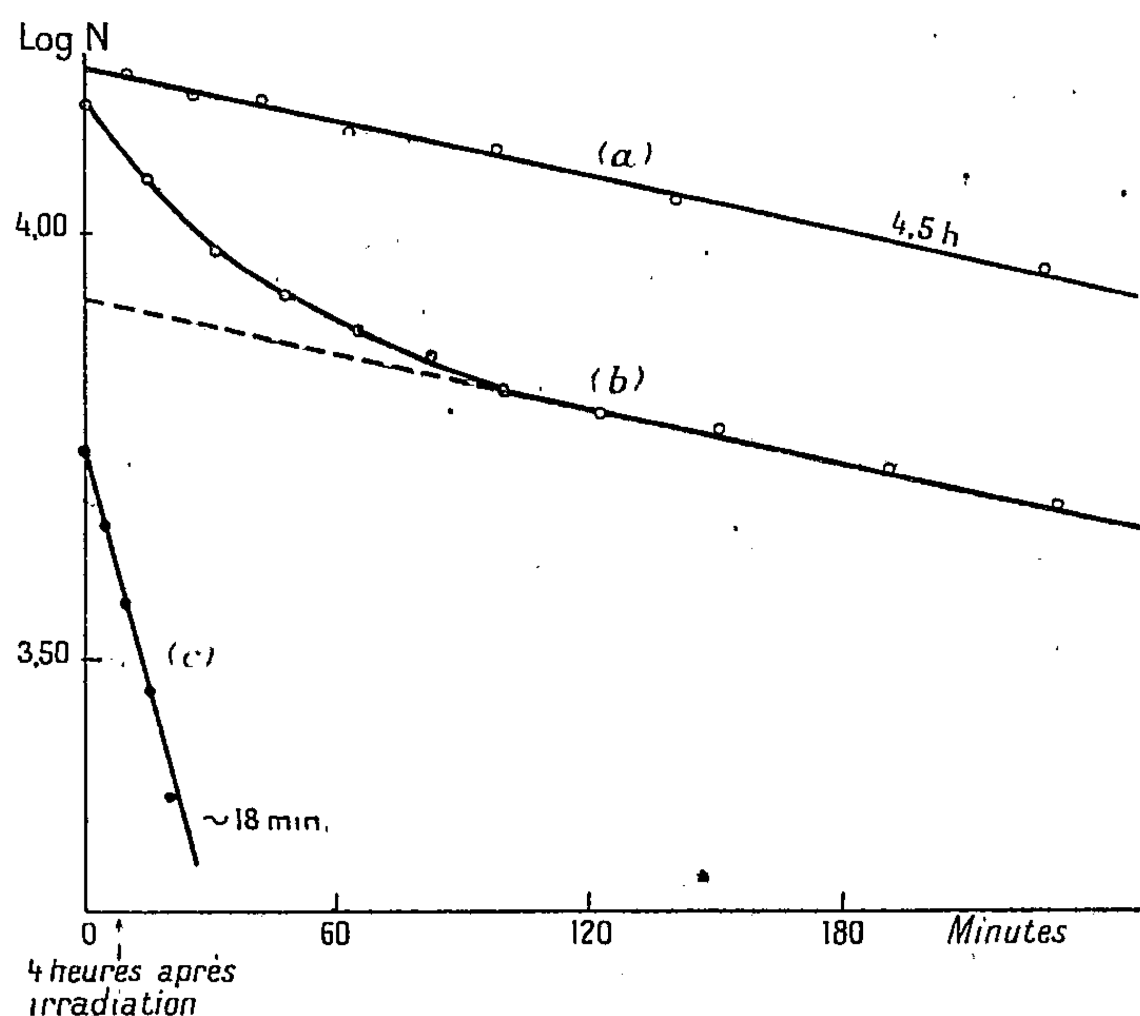
Cette séparation se heurte à de sérieuses difficultés dues aux deux causes complémentaires suivantes :

1° l'*isotopie*, avec toutes les conséquences que celle-ci entraîne pour la séparation et

2° l'*isobarie*, qui met en défaut les méthodes usuelles de la séparation des isotopes.

Il paraît donc douteux qu'on puisse, par des moyens purement physiques, arriver à une séparation des isomères nucléaires.

Le phénomène du recul radioactif causé par le photon émis ou l'électron de conversion de celui-ci, a été élégamment mis à profit par Segré, Halford et Seaborg (1), qui ont réussi une séparation complète des deux isomères du Br^{80}, méthode aussitôt utilisée dans les belles expériences de De Vault et Libby (2) et de A. Berthelot (3) sur la même paire.



Courbe (*a*) : échantillon initial; courbe (*b*) : échantillon après traitement; courbe (*c*) : après soustraction du 4,5 h.

On pourrait penser qu'après l'émission γ, surtout dans le cas où celle-ci est fortement convertie, le noyau fondamental n'est pas forcément resté dans le même état chimique que le noyau excité, et par conséquent il pourrait présenter

(1) *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 321.
(2) *Ibid.*, 55, 1939, p. 322.
(3) *Thèse*, Paris 1944.

des propriétés chimiques et physicochimiques assez différentes pour permettre une séparation.

Nous voulons rapporter ici quelques résultats préliminaires sur la séparation des isomères du Br^{80}.

Nous avons irradié 50^{cm^3} de bromure d'éthyle fraîchement rectifié avec les neutrons lents produits par le cyclotron du Collège de France pendant 2 heures. Trois heures après la fin de l'irradiation on verse 10^{cm^3} du produit actif dans un bécher contenant 1^g d'amberlite IR4B et l'on agite pendant une demi-heure environ, on filtre rapidement et dans le filtrat on précipite une petite quantité de brome par une solution de nitrate d'argent. Le bromure d'argent obtenu est filtré et séché rapidement à l'alcool et l'on suit sa décroissance au compteur Geiger-Müller. Parallèlement on mesure un échantillon de bromure d'argent obtenu à partir du produit irradié n'ayant subi aucun traitement.

Les résultats des mesures reproduits sur la figure ci-dessus montrent une séparation nette de Br^{80} (18 minutes) à partir du Br^{80*} (4 h, 5).

On voit qu'à l'instant zéro 40 % de l'activité totale est due au Br (18 minutes).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Nouvelle méthode d'étude physicochimique des corps insolubles à groupes actifs dissociables.* Note (*) de MM. **Alfred Maillard** et **J.-P. Hilfiger**, présentée par M. Louis Hackspill.

Pour expliquer les réactions d'échange entre un composé insoluble et une solution d'électrolyte, différentes théories ont été émises. La plus plausible, celle de Wiegner (¹), fait intervenir l'existence, sur la macrostructure du composé insoluble, de groupes actifs, c'est-à-dire de groupes possédant des ions doués d'une certaine mobilité.

Dans le cas des argiles il s'agit de cations Na^+ liés électrostatiquement au colloïde argileux. Cette hypothèse peut s'appliquer en particulier aux permutites et aux zéolites, la composition et la structure de ces corps permettant de prévoir des forces d'attraction agissant sur les cations. Les cations de la macromolécule gardent une mobilité relative, ils peuvent osciller dans un certain volume, lorsque le corps insoluble est placé dans une solution. Si cette solution contient des cations différents, il peut y avoir substitution entre ces cations et les cations mobiles du corps insoluble, suivant une loi statistique. L'affinité des cations pour la macromolécule rigide insoluble sera liée à leurs charges électriques, ce qui rend compte de la possibilité de déplacement plus ou moins complet d'un cation par un autre.

Nous avons appliqué cette conception aux résines organiques échangeurs d'ions qui sont des substances macromoléculaires synthétiques.

(*) Séance du 30 mai 1949.

(¹) *K. Z.*, 268, 1927, p. 42.

Le corps rigide de ces macromolécules résulte de la condensation entre le formol (en général) et des composés phénoliques, carboxyliques ou sulfonés, ou un mélange de ces corps, comme composés actifs. Les groupes actifs, donnant par dissociation des ions mobiles, sont alors respectivement OH, COOH, SO_3H, $CH_2 - SO_3H$ ou un mélange de ces groupes. Jusqu'à présent il n'existait pas de méthode directe pour mesurer cette dissociation. Nous avons mis au point une telle méthode, elle revient à mesurer la conductibilité de ces résines. Un vase de conductibilité spécial, à électrodes particulièrement rigides et à écartement fixe, a été mis au point.

Pour les mesures, on détermine d'abord la conductibilité d'une solution d'acide. Puis on répète la mesure après qu'une partie de l'acide a été déplacée par un volume égal de résine; on recommence cette opération pour des solutions d'acides de diverses concentrations. A partir des résultats de ces mesures, on obtient par voie graphique la conductibilité de la résine; elle est égale à celle de la solution lorsque l'introduction de résine dans cette dernière ne change plus sa conductibilité.

En saturant les groupes actifs avec un cation donné et en mesurant la conductibilité de la résine obtenue par comparaison avec celle d'une solution du même cation, on obtient une valeur proportionnelle à la constante de dissociation de la résine cationique considérée.

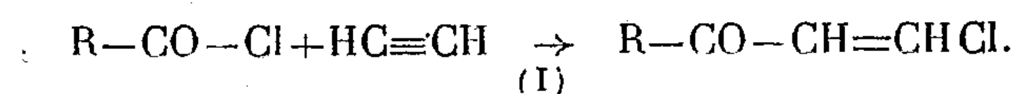
A titre d'indication provisoire la conductibilité spécifique d'une résine phénolsulfonée (Amberlite I R 100.Na), obtenue par saturation de la résine H avec du chlorure de sodium, a été trouvée égale à $4,2.10^{-3}\,1/\omega.\text{cm}^{-1}$ en milieu solution aqueuse de NaCl; la même valeur a été trouvée en milieu solution aqueuse de NO_3Na.

Ces mêmes principes de mesure s'appliquent aux échangeurs d'anions. Il convient alors de tenir compte de l'hydrolyse de ces produits qui sont souvent des amines aromatiques ou aliphatiques condensées. Les variations de pH des solutions donnent une mesure de cette hydrolyse.

Avec le dispositif utilisé actuellement les mesures sont reproductibles avec une précision allant jusqu'à la quatrième décimale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les β-chlorovinyl-cétones et leur utilisation pour la synthèse de quinoléines.* Note de M. **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

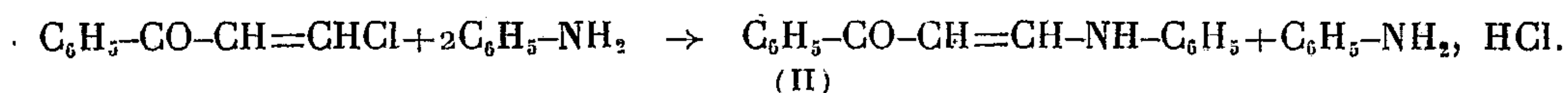
Les β-chlorovinyl-cétones sont relativement faciles à préparer. On peut, par exemple, faire réagir un chlorure d'acide, R—CO—Cl et l'acétylène en présence de chlorure d'aluminium ou de chlorure d'étain ([1]).



$$R-CO-Cl+HC\equiv CH \rightarrow R-CO-CH=CHCl. \quad (I)$$

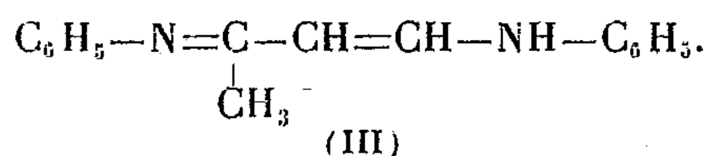
([1]) Cornillot et Alquier, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 837; Bayer et Nelles, *D. R. P.*, 642 147; *C. B.*, II, 1937, p. 2597.

Plus récemment Panizzi (²) obtint la phényl-chlorovinyl-cétone (I, R = C_6H_5) par action du chlorure de thionyle sur l'hydroxyméthylène acétophénone. Cet auteur montra la mobilité du chlore qu'il put remplacer par un reste aniline :



$$C_6H_5\text{-CO-CH=CHCl}+2C_6H_5\text{-NH}_2 \rightarrow C_6H_5\text{-CO-CH=CH-NH-}C_6H_5+C_6H_5\text{-NH}_2,\ \text{HCl}. \quad \text{(II)}$$

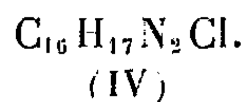
Yabukovitch et Merkulova (³) firent réagir l'aniline sur la méthyl-chlorovinyl-cétone (I, R=CH_3) dans l'éther et obtinrent un composé F 180° auquel ils assignèrent la structure III :



$$C_6H_5\text{—N=C(CH}_3\text{)—CH=CH—NH—}C_6H_5. \quad \text{(III)}$$

Des composés analogues à (II) ont été obtenus par Bowden, Braude et Jones (⁴) par addition d'amines non tertiaires sur les cétones acétyléniques.

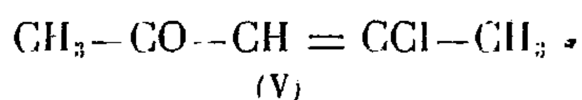
Utilisant des chlorovinyl-cétones dans un autre but, nous avons repris ces expériences. En mélangeant des solutions alcooliques de méthyl-chlorovinylcétone et d'aniline, nous avons observé un échauffement puis, au bout de quelque temps, la séparation d'un produit cristallisé, jaune canari (IV) F 194°. L'analyse montra que deux molécules d'aniline et une de cétone s'étaient combinées pour donner un composé :



$$C_{16}H_{17}N_2Cl. \quad \text{(IV)}$$

Maximum d'absorption dans l'ultraviolet à 370$^{m\mu}$; $\varepsilon = 37500$.

D'une façon analogue, la chloro-4 pentène-3 one-2



$$CH_3\text{—CO—CH = CCl—CH}_3 \quad \text{(V)}$$

obtenue par la réaction de Friedel entre le chlorure d'acétyle et le propine donna avec l'aniline et la paratoluidine des corps cristallisés.

(VI) $C_{17}H_{19}N_2Cl$, F 215°, maximum d'absorption à 345$^{m\mu}$, $\varepsilon = 25500$

(VII) $C_{19}H_{23}N_2Cl$, F 220°, maximum d'absorption à 350$^{m\mu}$, $\varepsilon = 17000$

ces deux composés sont jaune clair.

Il fut assez surprenant de constater que, dans des conditions tout à fait analogues, la méthyl-chlorovinyl-cétone et la paratoluidine donnèrent un composé formé d'une seule molécule de chacun des réactifs ($C_{11}H_{13}ON$) pratiquement blanc, F 111-112° (VIII). Maximum d'absorption à 340$^{m\mu}$, $\varepsilon = 22000$.

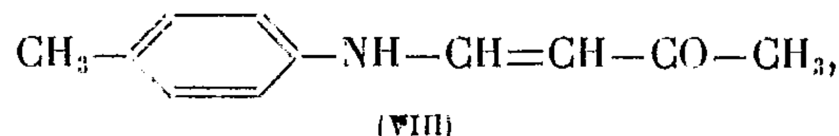
(²) *Gaz. Chim. It.*, 77, 1947, p. 549; *Chem. Abst.*, 42, 1948, p. 5877.

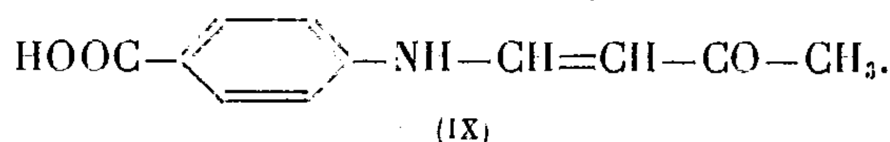
(³) *J. Gen. Chem.*, 16, 1946, p. 55; *Chem. Abst.*, 41, 1947, p. 91.

(⁴) *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 45.

De même avec l'acide paraminobenzoïque, la méthyl-chlorovinyl-cétone donna un composé (IX) $C_{11}H_{11}O_3N$, F 216°. Maximum d'absorption à $345^{m\mu}$, $\varepsilon = 35000$.

Les formules ci-dessous semblent acceptables pour les composés (VIII) et (IX) :





Le corps C_6H_5—NH—CH=CH—CO—CH_3 de Bowden, Braude et Jones, F 103-104°,5 a un maximum d'absorption à $338^{m\mu}$, $\varepsilon = 27500$.

Les formules des composés (IV), (VI) et (VII) seront discutées dans un mémoire plus détaillé.

Lorsqu'on dissout l'un de ces composés (IV), (VI) ou (VII) dans l'acide sulfurique concentré, il se produit un abondant dégagement de gaz chlorhydrique. Si l'on chauffe alors la solution à 150° pendant deux heures, jette sur la glace, alcalinifie et extrait à l'éther, on peut isoler par distillation du produit obtenu des proportions sensiblement équivalentes de l'amine de départ et d'une base quinoléique. Par exemple (IV) donna de l'aniline et de la quinaldine (méthyl-2 quinoléine) (picrate, F 190-191°), (VI) et (VII) donnèrent respectivement la diméthyl-2.4 quinoléine (picrate, F 189-190°) et la triméthyl-2.4.6 quinoléine (F 63°; picrate, F 200-201°). Il est intéressant de remarquer que dans le cas de la méthyl-chlorovinylcétone (I, R = CH_3), on obtint la méthyl-2 quinoléine alors que la méthyl-vinyl-cétone donne la méthyl-4 quinoléine ([5]).

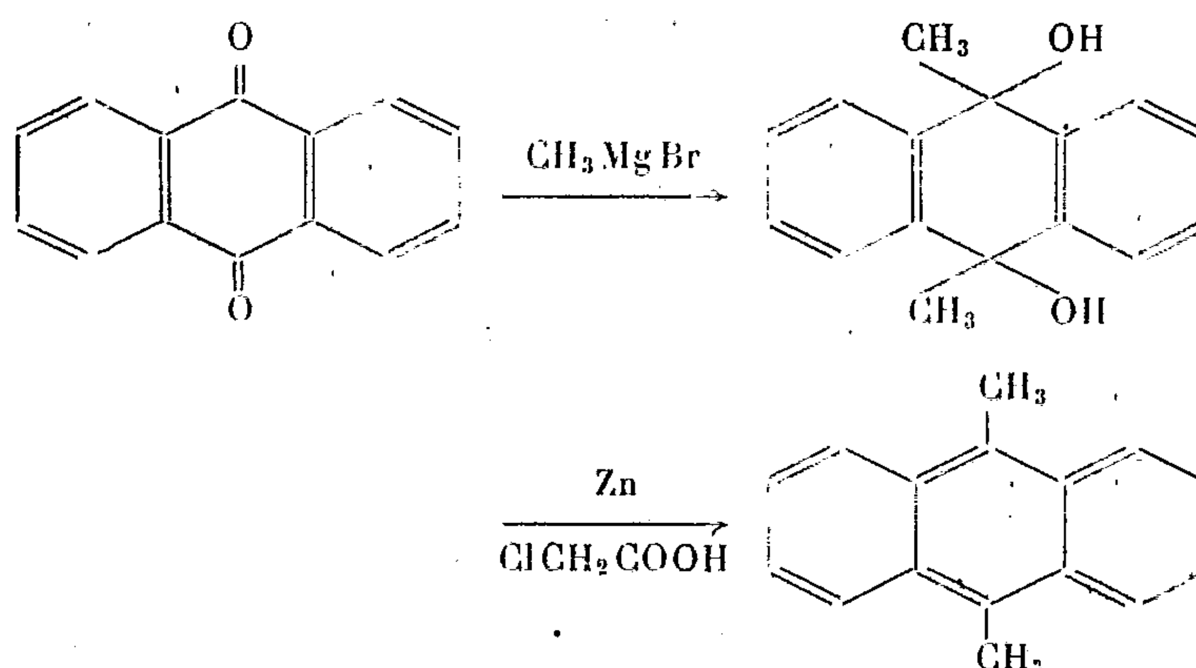
CHIMIE ORGANIQUE. — *Mesodiméthylanthracènes substitués.*

Note de M. **Paulus de Bruyn**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai trouvé qu'on peut obtenir des diméthylanthracènes substitués par réduction directe des diols qui se préparent par l'action du bromure de méthylmagnésium sur les anthraquinones correspondants. La méthode de réduction employée est intermédiaire entre la méthode de réduction par le zinc et le chlorure d'ammonium d'une part et la méthode de réduction par le zinc et l'acide chlorhydrique concentré (méthode de Clemmensen), d'autre part.

([5]) Campbell, Brevet amér. n° 2451610, *Chem. Abst.*, 43, 1949, p. 1443.

Dans cette méthode j'emploie en principe un mélange de chlorure d'ammonium et d'acide acétique, et mieux d'acide monochloracétique.



En pratique on opère ainsi : on met le diol brut (20^g) en suspension dans le toluène (70^{cm^3}) en contact avec l'acide acétique à 50 % (50^{cm^3}) et du chlorure d'amonium (8^g), en présence de beaucoup d'acétate de zinc comme tampon (30^g), On agite pendant une demi-heure à 45° et l'on introduit un très large excès de zinc en poudre avec de très faibles quantités de soufre (1^g) et de chlorure cuivrique (1^g). On chauffe à ébullition et l'on ajoute goutte à goutte une solution concentrée d'acide monochloroacétique (100^g) dans l'eau (70 — 80 %). Après l'addition on chauffe encore pendant 2 à 3 heures à reflux tout en continuant à agiter. On purifie les produits par leurs picrates.

J'ai obtenu ainsi à partir des anthraquinones correspondantes : le diméthyl-9.10-anthracène, le diméthyl-9.10 benz-1,2-anthracène, le triméthyl-2.9.10-anthracène, *le diméthyl*-9.10 *chloro*-1 *anthracène* ($C_{16}H_{13}Cl$) : F 83° [1] (alcool) *diméthyl*-9.10 *chloro*-2 *anthracène* ($C_{16}H_{13}Cl$) : F 103° (alcool-benzène) *diméthyl*-9.10 *méthoxy*-2 *anthracène* $C_{17}H_{16}O$: F 138° (alcool). Rendements en picrate, 40 % de la théorie. Notons que dans le cas du diméthyl-9.10 benz-1.2 anthracène Bachmann et Chemerda [2] ont reconnu ne pas avoir réussi la réduction directe du diol correspondant.

J'ai purifié quelques intermédiaires dans le cas de la méthoxy-2 anthraquinone; la *diméthyl*-9.10 *dihydroxy*-9.10 *dihydro*-9.10 *méthoxy*-2 *anthracène* $C_{17}H_{18}O_3$: F vers 135° (déc.) (benzène) caractérisé par son *éther diméthylique* $C_{19}H_{22}O_3$: F 198° (benzène) et le *picrate* du diméthyl-9.10 méthoxy-2 anthracène $C_{17}H_{16}O.C_6H_3O_7N_3$: F 139° (benzène).

J'essaie d'étendre cette méthode à la réduction d'autres groupes de corps, entre autres à la réduction de pinacones. Des essais d'application à la prépa-

(1) Tous les points de fusion ont été pris au bloc Maquenne (fusion instantanée).

(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1023.

ration du diéthylstilbestrol quoique très probablement réussis, n'ont pas encore donné de résultats tout à fait certains.

L'acétylation du diméthylanthracène par la réaction de Friedel et Crafts s'effectue le mieux à l'aide du chlorure stannique comme catalyseur dans le benzène avec l'anhydride acétique à température ordinaire. Le chlorure stannique n'a été employé jusqu'ici que pour l'acétylation de corps hétérocycliques et d'éthers phénoliques. C'est à ma connaissance le premier cas où il est employé pour l'acétylation d'un hydrocarbure aromatique proprement dit. J'ai obtenu ainsi *le diméthyl*-9.10 *acétyl*-2 *anthracène* $C_{18}H_{16}O$: F 165° (benzène) *oxime* $C_{18}H_{17}ON$: F 237° (toluène).

La condensation avec l'anhydride succinique ne s'effectue que par un mélange de chlorure stannique et de chlorure d'aluminium chauffé au préalable à l'ébullition : *acide* (*diméthyl*-9.10 *anthroyl*-2) β-*propionique* $C_{20}H_{18}O_3$: F 213° (acide acétique), *ester méthylique* $C_{21}H_{20}O_3$: F 170° (acide acétique). La benzoylation par la méthode de Perrier fournit le *diméthyl*-9.10 *benzoyl*-2 *anthracène* $C_{23}H_{18}O$: F 145° (acide acétique); *oxime* $C_{23}H_{19}ON$: F 204° (toluène). Le seul cas où la position de l'acidyle ait été assurée est celui du diméthyl-9.10 acétyl-2 anthracène dont l'oxydation par l'acide acétique à 10 % à reflux fournit l'acide anthraquinone carboxylique-2 identifié par son ester méthylique.

Parmi les autres substitutions, j'ai repris l'étude de la bromuration du diméthyl-9.10 anthracène. Il est connu qu'en solution, même en présence d'excès de brome on obtient le dibromométhyl-9.10 anthracène. J'ai trouvé que si, au contraire, on opère avec des vapeurs de brome, on obtient le *tétrabromure du dibromométhyl*-9.10 *anthracène* $C_{16}H_{12}Br_6$ avec *addition* de quatre atomes de brome en plus. Le corps se décompose à environ 200° en moussant, donnant un produit rouge qui cristallise spontanément et qui consiste pour plus de 80 % en un produit qui ne contient plus que deux atomes de brome. L'action de KOH dans l'alcool méthylique donne également un corps dibromé $C_{18}H_{16}O_2Br_2$: F 190° (alcool) probablement le *diméthoxyméthyl*-9.10 *dibromo*-2.3 *anthracène*. Rappelons que le tétrabromure du dibromo-9.10 anthracène ([3]), corps un peu oublié aujourd'hui, donne par la chaleur un mélange de tribromo-2.9.10 anthracène, et de tétrabromo-2.6.9.10 anthracène, et par l'action de l'alcali le tétrabromo-2.3.9.10 anthracène.

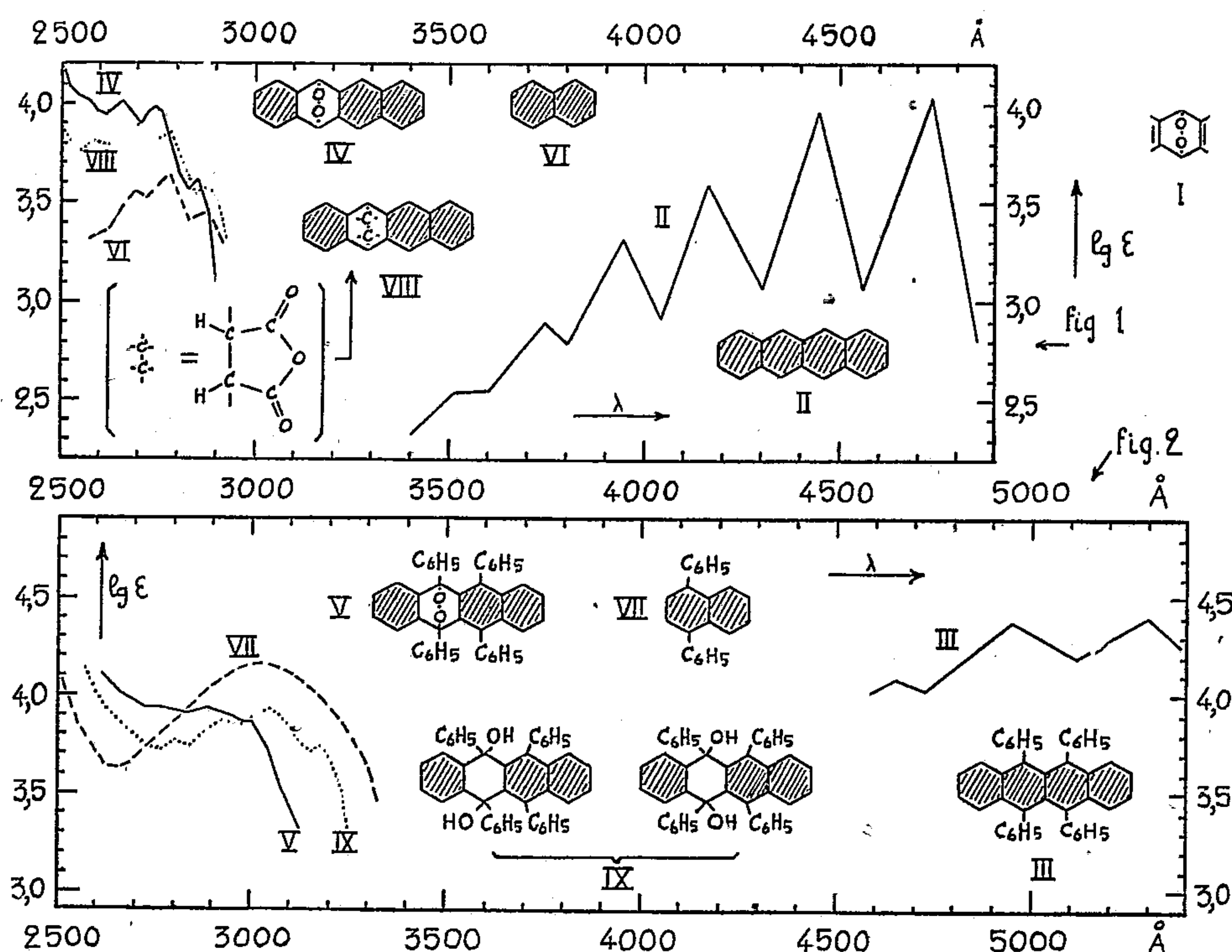
Ce travail dont les détails seront publiés ultérieurement est poursuivi.

([3]) ANDERSON, *Ann.*, 122, 1862, p. 303; GRÆBE, *Ann. Supp.*, 7, 1870, p. 274.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude spectrographique des photooxynaphtacènes.* Note (*) de M. **Ivan Gillet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Deux Notes précédentes (1) (2) ont relaté nos premières mesures spectrographiques confirmant la struture proposée par Ch. Dufraisse pour les photooxydes I. Nous avions alors travaillé sur des substances anthracéniques.

La poursuite de cette étude nous a permis ensuite d'étendre nos conclusions aux corps naphtacéniques. Nous avons choisi deux hydrocarbures types dans cette série, le naphtacène II (3) et le tétraphénylnaphtacène ou rubrène III; le



premier est orange, le second est rouge; leurs courbes d'absorption sont aux confins du visible et de l'ultraviolet (*fig.* 1 et 2). Leurs photooxydes IV et V, complètement incolores, ont des absorptions très voisines de celle du naphtalène VI, pour le premier, et de celle du diphénylnaphtalène VII, pour le second (*fig.* 1 et 2). Plus proche encore des courbes d'absorption de ces photooxydes, se trouvent celles de certains dérivés connus des hydrocarbures

(*) Séance du 9 mai 1949.

(1) Ch. Dufraisse et I. Gillet, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 191.

(2) I. Gillet, *Comptes rendus*, 227, 1948. p. 853.

(3) Dans ces formules, les systèmes mésomères ont été hachurés.

de base : le maléique VIII du naphtacène (*fig.* 1) et l'un quelconque des deux dihydroxydihydrorubrènes IX (*fig.* 2).

On retrouve donc le même phénomène qu'en série anthracénique : le photooxyde ne présente plus le système résonnant unique de l'hydrocarbure naphtacénique, mais deux systèmes dont les mésoméries sont indépendantes. Ici, l'un de ces deux systèmes résultants est benzénique, l'autre est naphtalénique, ou diphénylnaphtalénique, et cache plus ou moins le système benzénique par son absorption beaucoup plus forte.

Cette transformation profonde de la molécule d'acène par l'oxygène, telle que nous la montrent les spectres, permet de donner une réponse nette aux trois questions suivantes :

1° Y a-t-il réellement liaison chimique entre le carbone et l'oxygène dans la molécule de photooxyde?

2° Quels noyaux sont intéressés par l'addition d'oxygène?

3° Dans quelle position exacte se fait la fixation?

En effet :

1° Pour qu'un noyau d'un acène, et un seul, perde son caractère aromatique et absorbant de la lumière visible ou proche ultraviolette, il faut nécessairement que deux électrons de mésomérie, et deux seulement, abandonnent le système résonnant; dans le cas présent, ils ne le peuvent qu'en devenant électrons d'infrastructure, c'est-à-dire en entrant dans des liaisons chimiques formant la charpente de la molécule résultante. Si un seul électron abandonnait le système résonnant, il resterait un électron célibataire conférant au photooxyde un caractère d'insaturation que l'on ne constate pas plus dans les spectres que dans les propriétés chimiques. Plus de deux électrons ne pourraient pas non plus entrer dans l'infrastructure sans qu'un second noyau au moins de l'acène quitte son état de mésomérie aromatique.

2° La nature des restes aromatiques, indiquée clairement par les spectres des photooxydes, nous montre le noyau qui a subi la transformation et a dû, par conséquent, prendre l'oxygène en charge.

3° Puisque deux électrons seulement de l'acène interviennent dans l'addition de la molécule d'oxygène, les deux atomes de cette dernière doivent rester liés entre eux, car pour se fixer individuellement, ils devraient emprunter quatre électrons au substrat carboné. Puisque, d'autre part, ces deux électrons sont empruntés à des atomes de carbone, l'oxygène ne peut être fixé qu'à ceux-ci. L'addition doit donc se faire en pont peroxydique entre deux carbones. Ce pont, suivant la règle des tensions, doit se poser de la façon la plus probable, c'est-à-dire sur deux sommets opposés de l'hexagone. L'étude spectrographique transforme cette probabilité en certitude et permet de préciser que les sommets atteints sont les carbones mésos. En effet, toute autre position du pont donnerait à la molécule du photooxyde une structure en désaccord avec les spectres obtenus.

L'étude critique de nos mesures démontre donc ce qui suit : Dans les naphtacènes, ou benzanthracènes-2.3, comme dans les anthracènes, la molécule d'oxygène, en se fixant photochimiquement, forme un pont peroxydique qui relie par des liaisons chimiques normales les deux méso-carbones du système anthracénique primitif. Cette jonction nouvelle des carbones mésos détruit, par le fait même et dans tous les cas, la mésomérie anthracénique.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de la tourmaline et de la jérémé̈iéwite.* Note de Mlle **Mireille Michel-Lévy**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans de premiers essais où je cherchais à réaliser un métamorphisme artificiel de schiste, j'ai noté l'apparition de quelques rares cristaux de tourmaline à la surface de l'échantillon soumis à 400° à l'action d'une solution de borate de potassium, sous une pression de 450 kg/cm². Le schiste lui-même s'était surtout séricitisé.

Il y a lieu de signaler que la recristallisation d'un verre de tourmaline résultant de la fusion de ce minéral, a été obtenu en 1947 par Frondel, Hurlbut et Collette [1], par recuit en présence d'eau.

Après une douzaine d'essais, je peux donner de premiers résultats concernant la synthèse de la tourmaline, partant non plus de roches ni de minéraux, mais de mélanges chimiques bien déterminés. La plupart ont été faits à 500° sous une pression de vapeur d'eau d'environ 500 kg/cm², les expériences durant de 2 à 7 jours.

Trois essais ont été faits avec la composition suivante : SiO_2 : 0g,40; Al_2O_3 : 0g,50 à 0g,34; $B_4O_7Na_2$: 0g,20; K_2SiF_6 : 0g,20; Fe : 0g,30.

Le fer a été introduit sous les formes Fe_2O_3, CO_3Fe ou Fe pur. Dans les deux premiers cas (Fe_2O_3 et CO^3Fe), dans lesquels la teneur en alumine est aussi la plus élevée (0,50 et 0,43 respectivement), la tourmaline est bleue suivant n_g, incolore suivant n_p, d'indices $n_g = 1,660$, $n_p = 1,647$; dans le troisième elle est vert foncé et vert pâle ; ces teintes résultent probablement d'une plus grande richesse en fer. Ses indices sont $n_g = 1,660$, $n_p = 1,644$. Etant donné la très petite taille des cristaux, l'erreur possible sur ces mesures est de $\pm$ 0,002. Le polychroïsme n'est visible que sur de très rares cristaux de taille suffisante. La plupart sont aciculaires, groupés en gerbes ou en rosettes. Ils atteignent une trentaine de microns de longueur mais n'ont que 2 à 3μ de largeur. Malgré leur finesse, leur biréfringence est visible. On voit quelques cristaux plus développés : ce sont, dans la variété verte, des prismes trapus à section triangulaire, prenant racine au cœur d'une gerbe, et dont l'extrémité libre n'est pas toujours terminée. Parfois, ils semblent formés par l'association de fibres

(1) *Amer. Min.*, **32**, 1947, p. 680.

parallèles. La tourmaline bleue a été identifiée par un diagramme de rayons X.

Dans une quatrième expérience, sans fluosilicate de potassium, on a obtenu de la tourmaline très fine; le fluor ne semble donc pas indispensable, quoique favorisant la cristallisation.

Trois autres expériences ont été faites en remplaçant totalement ou partiellement le fer par de la magnésie; cependant, la magnésie utilisée contenait des traces de fer, décelé par le ferrocyanure de potassium.

Avec cette magnésie seule, on a obtenu quelques cristaux très rares mais bien développés d'une tourmaline très polychroïque, jaune verdâtre suivant n_p; vert bleu suivant n_g, atteignant 30μ de large. Il est apparu en outre un grand nombre de lamelles d'albite (identifiée aux rayons X), et il est resté un abondant résidu non cristallisé. Il est vraisemblable que la naissance de la tourmaline est due aux traces de fer présentes dans la magnésie.

Avec 0^g,05 de Fe ajoutés à 0^g,20 de MgO, la tourmaline naît en tous points, en très fines aiguilles. Enfin, avec 0,23 de Fe pour 0,13 de MgO (proportions équimoléculaires), le nombre de germes cristallins est très grand, la tourmaline formant une infinité de véritables sphérolites, à croix noire bien marquée entre nicols croisés, gênant leur croissance mutuelle, de sorte que, en dehors de ces fibres, il n'y a pas de cristaux développés; le polychroïsme ne peut s'observer que sur les sphérolites, en immergeant ceux-ci dans un milieu d'indice élevé, supprimant le trop fort relief des fibres. Ceux-ci sont alors gris verdâtre suivant n_g, incolores suivant n_p.

Cette dernière composition chimique semble correspondre d'ailleurs au cas le plus fréquemment rencontré dans les gisements naturels.

En l'absence de fer, trois essais ont été faits, tous trois négatifs, avec les mêmes proportions de silice, d'alumine et de bore. Deux essais à 500° sous 500 kg/cm², dont l'un en ajoutant 0,05 de LiOH. Tous deux ont donné un mica blanc (identifié aux rayons X). L'eau-mère, retrouvée après l'expérience, laissait cristalliser par évaporation les borates non utilisés. Il y avait en outre un peu de cryolite. Un essai a été fait sous haute pression (4000 kg/cm²) en mélangeant les produits chimiques à l'explosif (hexogène) suivant la méthode antérieurement décrite (²), avec un recuit de dix jours à 550°. Les parois de la chambre d'expérience sont garnies de croûtes formées de feldspath et de mica blanc et hérissées de jolis prismes incolores atteignant 80μ de longueur, et dont les propriétés optiques sont voisines de celles de la tourmaline : en effet, les indices sont $n_g = 1,643$, $n_p = 1,629$, l'extinction est droite et l'allongement négatif.

Mais le diagramme de rayons X indique qu'il s'agit de la jérémeïéwite, borate d'aluminium très rare dans la nature, n'ayant été signalé que dans l'arène de pegmatite de Soktuj en Sibérie orientale (³). On a pu faire un dia-

---

(²) A. MICHEL-LÉVY et J. WYART, *Mém. Soc. Géol.*, 26, 1947, Mém. 55.

(³) DAMOUR, *Comptes rendus*, 96, 1883, p. 675; WEBSKY. *N. Jahrb.*, 1884, p. 1.

gramme de rayons X de comparaison avec un cristal de la collection du Muséum d'Histoire Naturelle. L'identité des deux clichés est complète.

Ces premiers essais confirment la conception déjà ancienne que l'observation des gisements a fait naître, de la genèse de la tourmaline par voie pneumatolytique à température relativement basse. Ils montrent aussi qu'elle peut se former dans des conditions chimiques assez simples, et que la présence du fer en facilite grandement la cristallisation.

MINÉRALOGIE. — *Sur la constitution de la météorite de Mezel* (*25 janvier* 1949) *dans le Puy-de-Dôme*. Note de MM. **Denis Collier**, **Alexandre Roche** et **Maurice Roques**, présentée par M. Charles Mauguin.

La météorite tombée sur le territoire de la Commune de Mezel le 25 janvier 1949 et retrouvée par H. Dessens ([1]) appartient au groupe des chondrites miosidérifères de A. Lacroix ([2]).

Il s'agit d'un bloc pesant environ $1^{kg},300$ dont quelques petits fragments s'étaient détachés au moment de l'arrivée au sol. Sa partie interne est friable, de couleur blanc grisâtre avec une densité de 3,503. Elle est recouverte uniformément d'une croûte noire mate de $0^{mm},5$ d'épaisseur environ. Des veinules d'une matière analogue à celle de la croûte traversent la masse de la météorite.

Les constituants minéralogiques sont les suivants : olivine ($2V = -86^\circ$), pyrrhotine, hypersthène, fer nickelé, chromite.

Il existe en outre un minéral peu abondant que l'on peut attribuer au feldspath sans qu'il soit possible de préciser sa détermination.

La structure montre un fond grenu à grain variable (de 0,02 à $0^{mm},6$) dans lequel se détachent des chondres relativement rares. Ces chondres, holocristallins, sont constitués soit par de l'olivine, soit par de l'hypersthène (dimension moyenne 1 à 2^{mm}). Les minerais sont assez régulièrement répartis dans la roche, les plages de fer étant plus massives que celles de pyrrhotine qui ont tendance à mouler les silicates.

L'analyse chimique a été effectuée séparément sur la partie silicatée, et sur la partie attirable à l'aimant, cette dernière étant constituée essentiellement par du fer nickelé. Il faut noter que la pyrrhotine est très peu magnétique, et passe avec le lot silicaté.

Fraction silicatée 93,7 %.

SiO_2	42,1	Na_2O	0,9	MnO	0,4
Al_2O_3	2,2	K_2O	tr	P_2O_5	0,3
Fe total en FeO	21,6	Cr_2O_3	0,7	S	2,5
MgO	26,2	TiO_2	0,4	Perte au rouge	1,1
CaO	1,6				

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 813.

([2]) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, **33**, 1927, p. 420.

Fraction métallique 6,3%.

Fe..............	84,4	Ti...............	tr	P................	0,0
Ni..............	9,8	Cr...............	0,0	Insoluble.........	3,0
Co..............	0,3	Mn..............	0,0	Total.............	97,5

La différence à 100 pour la fraction métallique provient vraisemblablement de la solubilisation partielle des impuretés silicatées, et des indosés. Cette analyse permet de calculer la constitution minéralogique quantitative suivante :

Olivine...........	41,1 (Fay. = 26%)	Pyrrhotine..........	6,9
Hypersthène......	32,5	Fer nickelé..........	5,9
Plagioclase........	8,8 (An = 43,%)	Chromite...........	1,1
Merrillite.........	0,7		
	85,5		13,9

qui est en accord avec les déterminations optiques, et les mesures à la platine intégratrice (silicates : 87,6, pyrrotine : 5,0, fer nickelé : 6,0, chromite : 1,4).

La croûte examinée en lames minces est constituée par un verre opaque dans lequel demeurent des cristaux résiduels d'olivine et d'hypersthène. L'examen de surfaces polies au microscope métallographique montre que les cristaux de pyrrhotine subissent une altération progressive de l'intérieur à l'extérieur. Ils se désagrègent, puis se dissolvent complètement dans le verre. Les cristaux de fer au contraire ne subissent aucune altération visible. On peut en déduire qu'au cours du passage dans l'atmosphère, l'élévation de température de la partie superficielle provoque la fusion de la pyrrhotine (1170°), puis son mélange dans la masse pâteuse des silicates. Ceux-ci sont éliminés dans l'atmosphère au fur et à mesure qu'ils atteignent l'état liquide (1400°) entraînant les cristaux de fer, qui jusqu'à ce stade de la fusion des silicates n'ont subi aucune altération de la part du milieu extérieur.

GÉOPHYSIQUE. — *Hypothèse sur la formation des Océans et des Continents.* Note (*) de M. **Jean Lagrula**, transmise par M. Pierre Lejay.

Le schéma d'Airy représente la Terre actuelle de la façon suivante : des masses océaniques, de densité $1+\varepsilon$, et des masses de *sial*, de densité d, sont supportées, conformément à l'équilibre isostatique, par un substratum de densité δ; la surface S du géoïde est divisée en deux régions, l'une, océanique, caractérisée par sa surface aS, sa profondeur moyenne y_m et par l'épaisseur moyenne T_A du *sial* sub-océanique, l'autre, continentale, de surface bS, d'altitude moyenne x_m, d'épaisseur moyenne T_B, constituée par du *sial*.

(*) Séance du 30 mai 1949.

L'équilibre implique la relation

$$(T_B - T_A)(\delta - d) = (x_m + y_m)\delta - y_m(1 + \varepsilon).$$

Les océans semblent reposer, au moins en grande partie (interprétation de la propagation des ondes séismiques), directement sur le substratum, de sorte que T_A soit faible. Si l'on suppose $T_A = 0$, et qu'on adopte les valeurs usuelles :

$$a = 0,7, \quad b = 0,3, \quad d = 2,67, \quad \delta = 3,27, \quad \varepsilon = 0,03, \quad x_m = 1, \quad y_m = 4,$$

le kilomètre étant l'unité de longueur, on obtient pour T_B sensiblement 20.

Quoi qu'il en soit de la validité de ces valeurs numériques, la courbe hypsométrique de la surface du globe, représentant les pourcentages de surface en fonction de l'altitude (positive ou négative) des aires continentales et des fonds océaniques, n'est pas une courbe de Gauss : elle met en évidence deux niveaux privilégiés. La formation de deux domaines foncièrement différents a donné lieu à diverses hypothèses (par exemple : action du *détachement* de la Lune). La présente tentative d'explication est fondée sur l'équilibre isostatique et sur les importantes variations du climat de notre planète mises en évidence par la géologie.

Au cours d'une période de refroidissement de la surface du globe, une partie de l'eau des Océans se concentre, par l'intermédiaire de l'atmosphère, dans les régions les plus froides, sous forme de glace : le volume glaciaire augmente au détriment du volume d'eau (exemple : les glaciations du quaternaire).

Considérons des conditions initiales (époque T_0) correspondant à un océan mondial (panthalassa), de profondeur uniforme y_0, recouvrant des couches également uniformes, de densité croissant avec la profondeur à partir d'une densité d_0. Si nous admettons que la masse de H_2O n'a pas varié de T_0 à nos jours, on a $y_0 = 4 \times 0,7 = 2^{km},8$. Notre raisonnement, d'ailleurs, est indépendant de la valeur numérique de y_0.

L'existence de glaces flottantes ne modifie pas l'équilibre isostatique et n'affecte pas l'uniformité de y_0. Mais supposons que, par suite d'un refroidissement important, la glace des régions polaires vienne en contact avec les couches sub-océaniques, puis s'enfonce dans ces couches, qui étaient limitées par la surface supérieure S_0. Cette surface subit alors des déformations régies par l'équilibre isostatique : il se forme deux cuvettes polaires et un bourrelet équatorial. Le bloc glaciaire plongé dans chaque cuvette se prolonge par de la glace flottante dont l'épaisseur décroît avec la latitude λ suivant une loi qui dépend de la distribution des isothermes et de la circulation générale de l'atmosphère (vents), de l'Océan (courants) et des transports de matériaux affectant les couches sub-océaniques.

Lorsque le réchauffement succède au refroidissement, la glace commence à fondre, d'abord pour les plus faibles latitudes qu'elle a atteintes, puis pour des

latitudes de plus en plus grandes. L'Océan résiduel ronge les glaces flottantes, puis celles des cuvettes. Mais l'équilibre isostatique n'implique pas un retour à la surface S_0 initiale.

Imaginons en effet une fusion instantanée de la glace; comme les couches les plus légères ont été chassées des cuvettes, leur fond a une densité supérieure à d_0 compatible isostatiquement avec une profondeur y supérieure à y_0. Il est absurde de supposer une fusion instantanée, mais il ne l'est pas de supposer *acquise* une partie des déformations de S_0, car la réaction du substratum est lente, comme le montre le réajustement de la Scandinavie, eu égard à la soudaineté des grandes transgressions eustatiques [1].

Un *cycle* thermique n'aboutit donc pas nécessairement à la surface initiale S_0. La différenciation acquise, accentuée par de nouveaux cycles, peut avoir donné naissance à deux océans polaires et à un continent équatorial. La position actuelle des océans et des continents ne correspond pas à une telle distribution. L'explication envisagée serait uniquement quantitative. Pour la rendre descriptive, il faudrait pouvoir tenir compte de l'érosion, et de la sédimentation ainsi que des translations continentales et migrations polaires conçues par Wegener.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dérivés de 2.4-dichlorophénoxyacéto-hydrazides comme régulateurs chimiques de la croissance*. Note de MM. **J. Chao, P. P. T. Sah, J. Oneto, R. Pratt** et **Jean Dufrénoy**, présentée par M. Joseph Magrou.

On connaît depuis plusieurs années la propriété que possèdent divers dérivés phénoxyacétiques de stimuler la croissance et la prolifération cellulaire de certains tissus et notamment des rayons médullaires.

D'autre part, les Services Forestiers en Floride ont récemment montré que des pulvérisations renouvelées deux fois par mois, de solutions à 8 % de 2.4-dichlorophénoxyacétate de morpholine, sont aussi efficaces que le rafraîchissement hebdomadaire de la surface des carrés de gemmage, quant à la production d'oléo-résine de pins [1].

En ce qui concerne les boutures, l'addition aux solutions nutritives de substances réductrices telles que des dérivés de l'hydrazine, peut permettre de prolonger la survie [2].

Les dérivés réunissant les propriétés de l'acide 2.4-phénoxyacétique et de

(1) Bourcart, *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, 8, 1938, p. 416.

(1) J. Chao, P. P. T. Sah et J. Oneto, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas* (sous presse).

(2) J. Dufrenoy et R. Pratt, *Responses of Cuttings Seeds and Flowers to Dithiobiuret*, *Science*, 108, 1948, p. 715-716.

l'hydrazine présentent donc à la fois un intérêt scientifique et un intérêt pratique.

Parmi une vingtaine de ces composés, dont la synthèse à été récemment réalisée au Collège de Pharmacie de l'Université de Californie (¹) et qui furent expérimentés sur des boutures de variétés ou d'hybrides de *Vitis vinifera* du Collège d'Agriculture de l'Université de Californie (Thompson Seedless, Champion, B 41), trois se sont révélés posséder de remarquables propriétés : ce sont les 2.4-dichlorophénoxyhydrazones des 2.4-dichlorobenzaldéhyde, salicylaldéhyde et *p*-diméthylamino benzaldéhyde, respectivement.

La base des boutures ayant été immergée sous environ 5^{cm^3} d'une solution à 60^{mg} par litre de l'un de ces dérivés, la formation du cal se manifeste au bout de quinze jours, alors qu'aucune cicatrisation n'est apparente à la base des boutures immergées dans l'eau distillée ou dans des solutions de divers autres dérivés.

Vers la quatrième semaine, les rayons médullaires des boutures immergées dans les trois composés cités ci-dessus avaient commencé de proliférer suffisamment pour provoquer la rupture de l'écorce.

Les boutures étant alors transférées dans des solutions contenant 1^g de nitrate d'ammonium par litre, les rayons médullaires ont continué de produire des masses de tissu néoplasique, tendant à confluer; tandis que les parties les plus âgées se nécrosent, les bords du néoplasme continuent de proliférer et, sauf pour le *p*-diméthylaminobenzaldéhyde, la nécrose ne compromet pas la survie de la bouture.

En conclusion, les 2.4-dichlorophénoxyhydrazones de 2.4-dichlorobenzaldéhyde, et mieux encore de salicylaldéhyde provoquent dans les boutures de Vigne des réactions hyperplasiques qui peuvent prendre l'allure de véritables tumeurs d'origine chimique. Nous avions précédemment indiqué de semblables propriétés de régulateurs de croissance chez la salicylacétone [3].

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Croissance comparée de deux parcelles en culture; application à l'étude des engrais.* Note (*) de MM. **Daniel Schwartz** et **Jean Cuzin**, présentée par M. Albert Demolon.

Le sujet étudié est, non l'individu isolé, mais une population d'individus : ensemble des plantes d'un champ, catégorie de plantes liées par un caractère commun (traitement de parcelle, maladie, etc.).

Le but de cette étude est de connaître, non pas seulement l'état final indiqué

(³) J. Dufrénoy, P. Carlo, R. Pratt, V. L. Pickering et P. P. T. Sah, *Growth-regulating action of salicylacetone* (*Growth.* 12, 1948, p. 157-163).

(*) Séance du 30 mai 1949.

par la donnée usuelle du rendement, mais la croissance de la population. Précisons qu'il ne s'agit pas de la croissance en nombre de cette population, mais de la croissance d'un individu moyen représentatif. La méthode repose, d'une part sur le choix du paramètre de croissance, d'autre part sur son mode d'emploi.

1° Le paramètre choisi pour notre étude, qui était relative au Tabac, a été le nombre de feuilles moyen des pieds dans la population. Pour chaque pied, le nombre de feuilles a été compté à partir des cotylédons (grâce à une succession de marquages sur des feuilles d'ordre donné), et limité à une feuille de taille donnée du bourgeon terminal (5^{cm} par exemple). Le nombre de feuilles moyen d'une population a été évalué sur un échantillonnage représentatif, et suivi au cours de la croissance (avec une cinquantaine de pieds, nous avons vérifié que la précision des résultats est satisfaisante).

2° Ce paramètre a donné lieu à une étude de croissance comparée de deux populations (plutôt qu'à une étude de croissance de population en fonction du temps), de façon à *court-circuiter* le temps, selon la méthode préconisée par Teissier et Huxley pour la croissance d'un individu isolé. D'après cette même méthode, les nombres de feuilles moyens sont portés en échelle logarithmique, l'élément intéressant à considérer pour de tels paramètres étant leur vitesse relative de croissance beaucoup plus que leur vitesse absolue.

Le graphique I représente la croissance comparée de deux populations de pieds de Tabac, provenant d'un même semis, et repiqués le même jour dans un même champ, les uns sur des parcelles témoins, les autres sur des parcelles traitées par épandage hivernal de sulfate d'ammonium.

On constate trois étapes de croissance, bien représentées par des segments de droite :

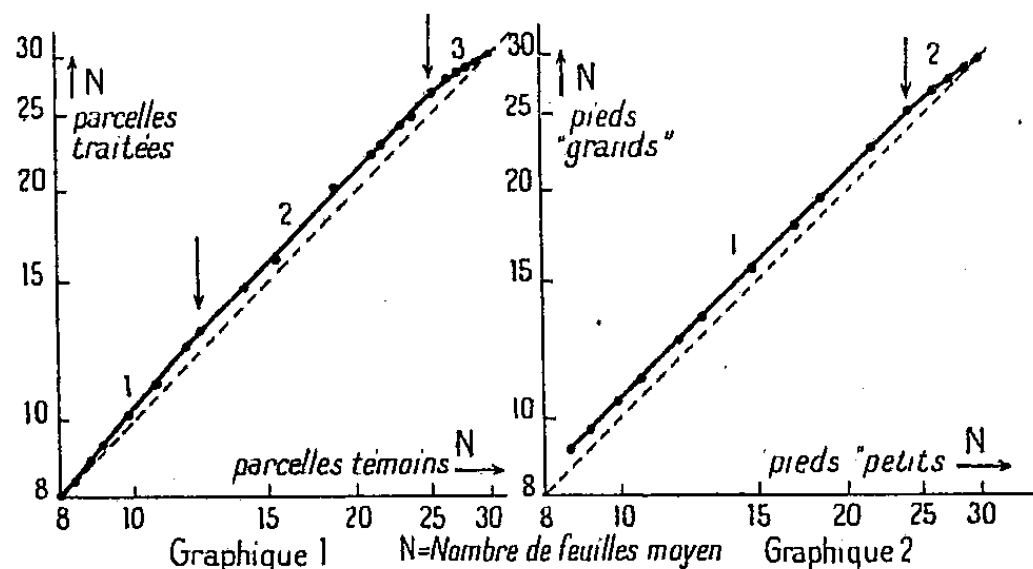
a. Le premier segment correspond à une période où la vitesse relative de croissance est une à deux fois plus grande dans la parcelle traitée.

b. Le deuxième segment traduit des vitesses relatives de croissances égales dans les deux parcelles (la vitesse *absolue* étant toutefois plus grande dans la parcelle traitée, du fait de son nombre de feuilles plus grand au début de la période).

c. Le troisième segment correspond à une période où la croissance n'est plus correctement représentée par le nombre de feuilles, celui-ci demeurant constant alors que la croissance continue. La pente, inférieure à 1, de ce segment, indique que ce nombre final de feuilles est atteint plus tôt dans la parcelle traitée, et le fait que le point terminal de ce segment est pratiquement situé sur la bissectrice des axes de coordonnées, indique que ce nombre total de feuilles formé par le génotype étudié n'est pas modifié par l'épandage de sulfate d'ammonium.

Le graphique permet ainsi de suivre l'effet de l'engrais pendant la durée de

la culture. Cet effet est ici très rapide (il est déjà significatif à la reprise des plants, 11 jours après le repiquage), Le point critique séparant les deux premiers segments suggère un changement important dans le mode d'utilisation de l'engrais (sa date coïncide d'ailleurs, dans le cas présent, avec celle du premier sarclage effectué sur la plantation).



Le graphique n° 2 indique la croissance comparée des pieds *petits* et *grands* d'un même champ. (La séparation en deux catégories étant basée sur le nombre de feuilles à un des premiers relevés, le pied étant classé *petit* quand ce nombre était ≤ 8, et *grand* lorsqu'il était ≥ 9.)

La croissance comparée est bien représentée par deux segments de droite : le deuxième indique, comme dans le cas précédent, que les pieds petits et grands finissent par former le même nombre de feuilles, les grands atteignant les premiers ce nombre final.

Le premier segment, parallèle à la bissectrice, montre que la vitesse relative de croissance ne dépend pas de la taille initiale des plants : on peut en conclure que, dans la méthode de croissance comparée, lorsqu'on évalue le nombre de feuilles moyen d'une population sur un échantillonnage de celle-ci, on n'introduit aucune erreur systématique du fait de la taille initiale plus ou moins grande des pieds.

La méthode présentée ci-dessus, qui est une généralisation des techniques allométriques à la croissance de populations, permet dans le cas du Tabac et pour d'autres végétaux, de noter avec une grande sensibilité l'influence sur la croissance de facteurs divers, tels que : épandages d'engrais à diverses dates, ou de substances de croissance, qualité du plant repiqué, maladies, etc.

En substituant au nombre de feuilles un paramètre approprié, la méthode peut s'étendre à d'autres types de populations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inhibition des oxydases de l'*Agaricus campestris *par l'association de substances vitaminiques à l'anhydride sulfureux.* Note de MM. **Igor Voinovitch, Henri Cheftel, Jacques Durocher** et **Ernest Kahane**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours de l'étude du système enzymatique responsable du noircissement de certains champignons, nous avons été amenés à examiner l'action inhibitrice qu'exercent différentes substances sur ce phénomène. Il est classique d'utiliser l'anhydride sulfureux et les sulfites pour cette inhibition, mais on connaît les inconvénients d'ordre pratique de ces réactifs. Nous avons étudié l'action de faibles doses de trois substances à activité vitaminique.

Ces recherches étaient entreprises lorsque nous avons eu connaissance du travail de Titaiev (¹) sur l'action antioxydante, équivalente à celle de l'acide ascorbique, exercée par la thiamine dans les réactions d'oxydo-réduction. De notre côté, nous avions non seulement observé cette action, mais encore déterminé qu'elle est plus intense que celle de l'acide ascorbique sur l'oxydation enzymatique de la tyrosine, du pyrogallol et du substrat naturel préparé à partir de l'*Agaricus campestris*.

L'adjonction à la thiamine de faibles quantités de métabisulfite de potassium entrave la formation de thiochrome. En outre, diverses substances vitaminiques associées à l'anhydride sulfureux, soit libre, soit sous forme de métabisulfite, présentent une action synergique remarquable. On obtient une véritable exaltation de l'activité propre de chacun des composés utilisés, dont les doses nécessaires sont réduites très considérablement, et qui assurent une protection bien plus durable que chacun des constituants pris séparément.

Diverses associations dont l'acide ascorbique + SO_2, la thiamine + SO_2 et l'acide nicotinique + SO_2 ont été essayées. L'action antioxydante de la thiamine + SO_2 et de l'acide nicotinique + SO_2 paraît très supérieure à celle de tous les systèmes actuellement connus.

Les seuils d'activité dans les conditions choisies (20^{mg} de *tyrosine* et 1^{cm^3} d'un certain extrait oxydasique d'agaric pour 200^{cm^3} d'eau) sont les suivants :

SO_2	3^{mg}
Acide ascorbique	2^{mg}
Acide ascorbique + SO_2	$1^{mg} + 0^{mg},5$
Thiamine	$0^{mg},02$
Thiamine + SO_2	$0^{mg},01 + 0^{mg},005$

Sur 100^{mg} de *pyrogallol* et 1^{cm^3} d'extrait oxydasique d'agaric pour 200^{cm^3} d'eau, on obtient :

(¹) *Biochimia U. R. S. S.*, **13**, 1948, p. 177 à 206.

SO_2	20^mg : arrêt total pendant 48 heures
Acide nicotinique	40-50^mg : arrêt partiel pendant 4 à 5 heures
Acide nicotinique + SO_2	4^mg + 2^mg : arrêt total pendant 15 jours
Thiamine	30 à 50^mg : arrêt partiel pendant 5 à 6 heures
Thiamine + SO_2	12^mg + 5^mg : arrêt total pendant 15 jours

Seule l'association de la thiamine ou de l'acide nicotinique avec l'anhydride sulfureux permet l'arrêt total de l'oxydation du pyrogallol et ceci pendant un laps de temps prolongé.

L'amide nicotinique ne présente aucune activité à cet égard.

Nous avons examiné l'action de quelques produits d'origine biologique riches en vitamines : macérés de levure de boulangerie et de brasserie, jus de citron et d'orange. La levure de boulangerie s'avère de loin la plus intéressante des quatre substances naturelles étudiées.

Nous n'avons observé dans aucun de nos essais avec la thiamine synthétique ou naturelle, et quel que fût le substrat, de développement de moisissures, contrairement à ce qui a été constaté avec l'acide ascorbique naturel ou non. Il semble donc que la thiamine soit douée de propriétés antiseptiques.

Nous avons étudié, à côté de l'action de la thiamine, celle des deux fractions de cette molécule. La thiamine agit par l'un ou l'autre de ses constituants suivant le substrat. Ainsi, le méthyl-4 hydroxyéthyl-5 thiazol protège la tyrosine, tandis que la méthyl-2 amino-4 pyrimidine protège le pyrogallol. Leur action est exaltée par l'anhydride sulfureux.

BIOLOGIE. — *Application de la méthode des dilutions isotopiques à l'étude de la spécificité des protéines.* Note (*) de MM. **Georges Schapira**, **Jean-Claude Dreyfus** et **Jacques Kruh**, transmise par M. Léon Binet.

L'emploi en Biologie des isotopes lourds et radioactifs permet de suivre le métabolisme d'une substance donnée. Il permet également, grâce à la méthode de dilution isotopique inaugurée par Rittenberg et Foster ([1]), de doser dans un mélange un composé défini dont la séparation quantitative serait difficile. Cette dernière technique postule la connaissance préalable exacte de la nature chimique de la substance étudiée.

Nous avons tenté de l'appliquer à un problème voisin : étant donné un composé, isolé d'un milieu biologique, et présentant des caractères analogues à ceux d'une substance déjà connue, vérifier l'identité de ces deux composés. Il s'agit donc d'une étude qualitative de la spécificité d'un composé par rapport à une substance de référence identique ou voisine.

Le principe de la méthode que nous proposons est le suivant : on met en présence les deux substances étudiées. On soumet ensuite le mélange à un fractionnement par une méthode chimique ou physique et l'on compare

(*) Séance du 30 mai 1949.

([1]) *J. Biol. Chem.*, **133**, 1940, p. 737.

l'activité spécifique des deux fractions : celle-ci doit être constante pour que l'identité des deux composés puisse être envisagée.

Dans ce travail préliminaire, nous étudions la spécificité de deux protéines, deux hémoglobines. Après avoir vérifié, à la suite de Hahn et coll. ([2]), le caractère non échangeable du fer de l'hémoglobine, nous avons mis en présence de l'hémoglobine radioactive de lapin, de la sérum-albumine cristallisée et une solution de chlorure ferrique. Nous avons vérifié que leur séparation par précipitation saline fractionnée est quantitative : la fraction la moins soluble, représentée par la sérum-albumine est dépourvue de radioactivité.

Nous nous sommes adressés alors à un mélange de deux hémoglobines d'espèce différente et dont les caractères de solubilité dans les solutions salines sont nettement distinctes : hémoglobine de cheval, peu soluble, hémoglobine de lapin, beaucoup plus soluble.

TECHNIQUE. — 1° *Préparation des hémoglobines.* — *a.* L'hémoglobine de lapin est rendue radioactive par trois injections intrapéritonéales de 4^{mg} de fer, représentant en tout 1200000 coups/minute. Elle est préparée selon la technique décrite par Roche, Derrien et Moutte pour les hémoglobines de grande solubilité ([3]) et traitée par un courant d'oxyde de carbone.

b. L'hémoglobine de cheval, peu soluble, est préparée selon la technique d'Altschul, Sidwell et Hoguess ([4]), et traitée par un courant d'oxyde de carbone.

2° *Séparation des deux hémoglobines.* — On mélange hémoglobine de lapin radioactive et hémoglobine de cheval inactive. On ajoute la solution phosphatée saturée jusqu'à molarité 3,1 en phosphate mono et dipotassique. On laisse 24 heures à 20° au thermostat. On filtre et l'on mesure l'activité spécifique du filtrat et du précipité redissous dans l'eau bidistillée.

Résultats. — Ils sont présentés dans ce tableau :

Expérience.	a. s. de l'hémoglobine du lapin.	a. s. du précipité.	a. s. du filtrat.	$\frac{a_p}{a_f}$.
I..........	3.450	440	1.900	0,23
II..........	4.800	680	3.480	0,195
III..........	2.800	475	2.050	0,23
IV..........	–	867	2.500	0,34
V..........	–		1.950	0,28

a. s. : activité spécifique en coups-minute du fer radioactif rapporté au milligramme de fer, précipité et filtrat sont séparés à une concentration en phosphates de 3,1 M; a_p : Activité spécifique du précipité; a_f : Activité spécifique du filtrat.

Discussion. — 1° La méthode permet la différenciation de deux hémo-

([2]) P. F. HAHN, W. F. BALE, J. F. ROSS, R. A. HETTIG et R. A. WHIPPLE, *Science*, 92, 1940, p. 131.

([3]) *Bull. Soc. Chim. Biol.* (Tr. Membres), 23, 1941, p. 1115.

([4]) *J. Biol. Chem.*, 127, 1939, p. 123.

globines, puisque les deux fractions séparées par précipitation par les phosphates de molarité 3,1 M, présentent une activité spécifique nettement différente. La fraction soluble est environ cinq fois plus active que la fraction précipitée.

2° Une précipitation unique permet de distinguer nettement l'activité spécifique de deux hémoglobines. Si l'on dispose d'éléments marqués, ce procédé est donc rapide et simple puisqu'on se borne à une précipitation et à deux dosages, l'un dans le précipité, l'autre dans le filtrat, de l'activité spécifique.

3° Une solution de phosphates à 3,1 M assure la précipitation complète d'une solution d'hémoglobine pure de cheval; ce n'est qu'au-dessus de la molarité 3,3 que la solution d'hémoglobine pure de lapin précipite.

Or, lorsqu'on précipite le mélange aux mêmes concentrations et molarités, les déterminations d'activité spécifique montrent que la fraction précipitée contient de l'hémoglobine de lapin et réciproquement, la fraction soluble contient de l'hémoglobine de cheval. On peut tenter d'opérer plusieurs reprécipitations successives à la molarité 3,1 sans modifier les activités spécifiques et sans pouvoir obtenir des fractions hémoglobiniques pures. Après trois reprécipitations, l'activité spécifique de la fraction peu soluble passe de 510 à 475; celle de la fraction soluble de 1930 à 2050, l'activité initiale de l'hémoglobine de lapin étant de 2800.

Cette observation pose le problème de l'existence de la nature d'une liaison éventuelle entre les deux hémoglobines, sur lequel nous nous proposons de revenir prochainement, mais elle ne gêne nullement l'emploi de la méthode proposée.

Résumé. — Nous proposons une méthode destinée à caractériser la spécificité d'une substance biologique et en particulier d'une protéine, méthode basée sur l'emploi des isotopes. Elle se fait sur le fractionnement d'un mélange de la protéine donnée et d'un composé supposé identique, marqué à l'aide d'un isotope et sur la confrontation de l'activité spécifique des fractions obtenues.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action sur la pression artérielle d'amines dérivées de la β-phényléthylamine; inversion à partir d'un certain poids moléculaire du radical substituant.* Note (*) de M. **René Hazard**, Mlle **Simone-Hélène Renard** et Mlle **Annick Cornec**, présentée par M. Léon Binet ([1]).

Les actions physiologiques de la di-β-phényléthylamine sont inverses de celles de la β-phényléthylamine : la première abaisse la pression artérielle, déprime le cœur et l'intestin; la seconde élève la pression, excite le cœur, déprime l'intestin. Ce renversement est-il produit comme on pouvait le

(*) Séance du 30 mai 1949.

([1]) Ce travail a été fait en collaboration technique avec P. Chabrier.

penser ([2]) par le doublement, d'ailleurs imparfait, de la molécule de la β-phényléthylamine, ou bien par la fixation sur l'azote de cette amine d'un radical de poids moléculaire (p. m.) élevé ?

Nous avons comparé, chez le Chien chloralosé, les effets tensionnels d'amines (en solution dans le propylèneglycol), dérivées de la β-phényléthylamine par fixation d'un radical supplémentaire, linéaire ou ramifié, à nombre croissant d'atomes de carbone. Nous avons constaté que l'alourdissement de ce radical R jusqu'à un p. m. de 71 donne toujours un corps hypertenseur. L'hypotension apparaît, d'abord irrégulière, pour les p. m. 77 et 91 ; elle devient nette pour les p. m. de 105 avec la di-β-phényléthylamine elle-même et de 113 avec l'iso-octyl-β-phényléthylamine.

Ces constatations restent valables pour des radicaux de p. m. jusqu'à 75, porteurs d'oxygène : la N-méthylène-mèthoxy* — (É 212°; p. m. 45), la N-éthanol* — (É 285°; p. m. 45) et la N-glycéryl-β-phényléthylamine* (É 300°; p. m. 75) sont hypertensives.

Ainsi c'est moins, semble-t-il, le doublement en soi de la molécule de la β-phényléthylamine que l'alourdissement du radical supplémentaire (acyclique ou cyclique) fixé sur l'azote qui entraîne à partir d'un certain poids moléculaire le renversement des effets de cette amine sur la pression artérielle.

$$C_6H_5—CH_2—CH_2—N\begin{matrix}H\\R\end{matrix}$$

			R =	p. m. R.	É.	Pression en mm de Hg.	Action sur la P. A.
1.	β- phényléthylamine	....	—H	1	190°	760	hypertensive
2.	N-méthyl	»	$—CH_3$	15	205	760	
3.	N-éthyl	»	$—C_2H_5$	29	99	13	
4.	N-allyl	»	$—C_3H_5$	41	162	50	
5.	N.*n*-propyl	»	$—C_3H_7$	43	227	760	
6.	N-isopropyl	»	$—C_3H_7$	43	214	760	
7.	N-isoamyl	»	$—C_5H_{11}$	71	235	760	
8.	N-phényl	»	$—C_6H_5$	77	216	40	nulle ou hypotensive
9.	N-benzyl	»	$—C_7H_7$	91	328	750	hyper et le plus souvent hypotensive
10.	N-phényl	»	$—C_8H_9$	105	360	760	hypotensive
11.	N-iso-octyl*	»	$—C_8H_{17}$	113	chl* F = 119		

Les corps marqués d'une astérique * représentent des substances nouvelles dont la préparation sera décrite, et les constantes développées par ailleurs.

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

L. B.

([2]) René Hazard, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1072.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1949 (*suite et fin.*)

International council of scientific Unions. *Report of the executive Committee* 1948, by F. J. M. Stratton. Cambridge, University Press, 1949; 1 fasc. $24^{cm},5$.

Von der Bauakademie zur technischen Universität 150 Jahre technisches Unterrichtswesen in Berlin. Dargestellt, von Josef Becker. Berlin-Charlottenburg, 1949; 1 fasc. 21^{cm}.

Bibliothèque d'éducation par la science. Éléments de la théorie des ensembles, par Émile Borel. Paris, Albin Michel, 1949; 1 vol. 19^{cm}.

La différenciation du sexe et l'intersexualité chez les Vértébrés. Facteurs héréditaires et hormones, par Kitty Ponse. Lausanne, Librairie de l'Université, F. Rouge, 1949; 1 vol. 24^{cm}.

New Zealand Science Review. Vol. VII, nos 1 et 2. *Seventh Pacific Science Congress. First Report*; 1 fasc. $27^{cm},5$.

Communicaciones del Museo argentino de ciencias naturales Bernardino Rivadavia. *Serie ciencias zoologicas*, n° 1 : *Nuevas especies de la familia eucharidæ.*, por Emilio V. Gemignani; n° 2 : *Hypophtalmus oremaculatus*, por Alberto Nani y Maria Luisa Furster; n° 3 : *Sobre el tipo de Smilodon crucians amegh.*, por Lucas Jorge Kragliwich; n° 4 : *Arañas argentinas* II, por Berta S. Gerschsman de Pikelin y Rita Delia E. Schiapelli; n° 5 : *Revision del genero abedus stäl*, por Jose A. de Carlo; n° 6 : *Sobre ostrea actualis y Pleistocenicas de Argentina y su Ecologia*, por Juan Jose Parodiz; n° 7 : *Tintinnoinea de Atlantida*, por Enrique Balech; n° 8 : *Descripcion del alotipo de Syngnathus folletti Herald*, 1942, por Aurelio J. Pozzi y Elvira M. Siccardi. Buenos-Aires, Imprenta y Casa editoria « Coni », 1947 et 1948; 8 fasc. 24^{cm}.

Idem. — *Serie ciencias geologicas*. n° 1. *Los Levantamientos geologico-economicos como fundamento para Los proyectos de Colonizacion*, por Agustin Eduardo Riggi. Buenos-Aires, Imprenta y Casa editoria « Coni ». 1948; 1 fasc. 24^{cm}.

Revista del Museo argentino de ciencias naturales Bernardino Rivadavia. Tomo I. Núm. 1 : *Smilodontidion Riggii*, N. *gen.* N. Sp. *Un nuevo y pequeño esmilodonte en la fauna pliocena de Chapadmalal*, por Lucas Jorge Kraglievich; Núm. 2 : *Riggia paranensis* IV. g.' N. Sp. *Un isópodo parásito de la cavidad del cuerpo de curimata platana günther del Rio paraná*, por Lothar Szidat y *Description del Huesped* por Alberto Nani. Buenos-Aires, Imprenta y casa editoria « Coni », 1948; 2 fasc. 28^{cm}.

Id. — *Curso de entomologia*. I. *Introduccion e historia de la entomologia* ; II. *Morfologia externa*, por Carlos A. Lízer y Trelles. Buenos-Aires, Imprenta y casa editoria « Coni », 1947 et 1948; 2 fasc. 24^{cm}.

Id. — *Interpretacion petrografica de la Masa de constitucion de algunos carbones*, por Mercedes Aznarez. Buenos-Aires, Imprenta y casa editora « Coni », 1948; 1 fasc. 24^{cm}.

Id. — N° 1 *Miscelanea. Los Estudios de Hydrobiologia en la Argentina sur relaciones con el plan del superior gobierno de la nacion y sus proyecciones futuras*, por Zaharia Popovici con la colaboracion de Agustin Eduardo Riggi. Buenos-Aires, Imprenta y casa editoria « Coni », 1948; 1 vol. 24^{cm}.

Id. — *Sanmartinita un nuevo tungstato de zinc de la Argentina*, por Victorio Angelelli y Samuel G. Gordon. Buenos-Aires, Imprenta y casa editoria « Coni », 1948; 1 fasc. 24^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JUIN 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLECTRONIQUE. — *Méthode d'analyse en télévision d'images colorées.* Note (*) de M. **René Barthélemy**.

Lorsqu'on cherche à éviter les procédés mécaniques de sélection des couleurs d'une image (filtres tournants ou oscillants), on se dirige, en général, vers les phénomènes électro-optiques. En particulier la rotation du plan de polarisation, sous l'effet d'un champ électrique ou magnétique, a été souvent proposée. Les réalisations n'ont pas suivi, car on s'aperçoit, dès qu'on chiffre de tels projets, qu'on aboutit à des dimensions prohibitives.

Il ne semble pas que la formule de base de la photoélectricité (Planck-Einstein) qui relie directement la fréquence des vibrations lumineuses, c'est-à-dire la couleur, à une grandeur électrique, ait été l'objet d'application dans la télévision des images colorées.

Cette remarque me conduisit, il y a quelques années, alors que j'étudiais les analyseurs à électrons lents, à tenter l'utilisation des vitesses initiales des photoélectrons, qui sont du même ordre que celles des électrons des faisceaux d'isoscope.

Le but de la présente Note est d'exposer ce projet ainsi que les difficultés qui se sont révélées par la suite.

La séparation d'électrons de vitesses différentes peut s'effectuer par déviation dans un champ uniforme transversal ou par freinage dans un champ retardateur.

La première solution s'apparente, sous la forme électronique, aux dispositifs de dispersion optique déjà proposés qui consistent à étaler le spectre d'une partie (point ou ligne) ou de la totalité de l'image, en deux ou trois régions qu'on analyse successivement. On y retrouve l'emploi d'une grille obturatrice qui évite le chevauchement des couleurs.

(*) Séance du 30 mai 1949.

Comme j'avais en vue la production simultanée des trois modulations, correspondant aux trois composantes : bleue, verte et rouge, la deuxième méthode m'a paru offrir une solution plus directe. Elle consiste en partant d'une photocathode plane, à créer dans des plans parallèles des images électroniques, à électrons lents, chacune de ces images correspondant à la position moyenne des points d'inversion des vitesses d'une certaine partie du spectre initial d'émission.

La formation de ces images procède de la même technique que celle d'un faisceau d'analyse à électrons lents, c'est-à-dire : première accélération permettant l'utilisation totale de l'émission photoélectrique, parcours hélicoïdal des électrons dans un champ magnétique uniforme, focalisation après une première rotation, dont la fin s'opère dans un champ électrique retardateur. La valeur de ce champ détermine d'ailleurs les emplacements des différents plans de concentration, qui peuvent ainsi être choisis pour faciliter les réalisations mécaniques des collecteurs.

Une faible valeur de ce gradient de potentiel exagère l'aberration chromatique, qu'on cherche à éviter dans les images électroniques normales par une élévation de la tension totale. On ne peut aller trop loin dans cette voie, car on doit tenir compte de la définition qu'il faut conserver pour chacune des trois bandes spectrales. Les plans collecteurs étant concrétisés par des grilles fines dont les potentiels négatifs sont évidemment fixées par les vitesses initiales, il y a un compromis à trouver entre la distance des grilles permettant leur construction, et la qualité géométrique qu'on veut conserver pour l'ensemble du spectre. Le tracé de quelques trajectoires montre qu'il faut prévoir un champ magnétique plus élevé qu'avec l'isoscope. Le diamètre des taches de diffusion, pour des électrons différents de 0,5 V, par rapport à une vitesse moyenne, ne doit pas dans ces conditions dépasser le diamètre du point-image dans une analyse à 500 lignes. L'influence de la charge d'espace est peu importante avec les intensités normales.

Le problème de la collecte des électrons comporte la condition d'accumulation, pour conserver au tube d'analyse une sensibilité suffisante. Elle peut être résolue par le revêtement des fils minces, constituant les grilles, par une matière isolante de faible épaisseur. Le potentiel de la surface extérieure, en l'absence de tout impact, est celui de la grille; il ne s'abaisse que d'une faible quantité par l'arrivée des électrons, entre deux analyses, car la capacité est relativement élevée, l'épaisseur du diélectrique étant de l'ordre du μ.

Cet isolant dont la constante de temps est au moins de quelques centièmes de seconde n'est déposé que sur la face des grilles opposées à l'impact direct, afin de ne collecter que les électrons de retour compris entre deux limites de vitesses déterminées par les potentiels des deux plans consécutifs, les filets électroniques de diverses vitesses frappant directement la partie conductrice forment un écoulement continu qui n'intervient pas dans la modulation

cherchée. La charge prise en chaque *point* par la couche isolante, est donc formée par les électrons provenant d'un point-image de la photocathode, et correspondant à une plage déterminée du spectre optique, plage dont le milieu est l'une des trois couleurs fondamentales.

La collecte peut être augmentée par l'application d'impulsions positives très brèves sur les grilles, qui précipitent sur la couche accumulatrice les électrons de vitesses presque nulles qui se trouvent à proximité.

L'analyse simultanée des trois grilles par un seul faisceau explorateur n'est possible que si les diamètres des fils de grille sont petits par rapport au diamètre du *point image* et si la distance entre chaque grille est assez faible pour que la focalisation du faisceau d'analyse, très diaphragmé, et à électrons rapides, reste acceptable dans les trois plans, condition aisément réalisée.

Le choc de ce faisceau provoque l'émission secondaire classique de l'iconoscope qui égalise le potentiel à une légère valeur positive par rapport à l'anode accélératrice finale, et procure une impulsion fonction de la charge préalable de la particule frappée. On obtient ainsi une modulation dans chaque impédance de sortie connectée aux grilles, fonction de l'amplitude de la plage colorée correspondant à chaque collecteur.

Ce projet n'a pas atteint le stade expérimental pour deux motifs principaux : les difficultés technologiques (construction de grilles très fines et à demi recouvertes d'isolant) et l'objection de l'étalement des vitesses des photoélectrons. Une radiation incidente monochromatique libère bien des électrons dont la vitesse maxima est celle donnée par la relation d'Einstein, mais aussi, par suite de la forme de la fonction distribution des vitesses, des électrons plus lents, susceptibles d'être confondus avec ceux d'une autre radiation; il y a lieu de noter également, qu'en général, on utilise des couches photométriques complexes et non des métaux purs. Ces remarques formulées par M. Vassy, laissent prévoir un *flou* dû à la superposition des bandes, bien que la principale quantité d'électricité libérée soit rassemblée dans la partie du spectre voisine de la vitesse maxima. On pourrait diminuer cet étalement en interposant une sorte de filtre électronique constitué par une autre grille isolante placée à proximité immédiate de la photocathode. Les éléments isolés prennent des potentiels négatifs déterminés par les électrons de plus grande vitesse émis par les points proches de la cathode, le champ retardateur ainsi créé élimine une partie du flux électronique plus lent, qui ne traverse pas les mailles et retombe sur la cathode. Mais cet artifice ne résout encore qu'une partie du problème, car dans le cas de couleur composite, par exemple de la lumière blanche, on ne recevrait que la partie correspondant aux fréquences les plus élevées.

Il n'est donc pas certain que la méthode décrite puisse aboutir à des résultats pratiques; j'ai cru cependant utile de la signaler ainsi que quelques écueils.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau le tome 67, Deuxième série, des *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*.

M. **Gabriel Bertrand** s'exprime en ces termes au sujet de la publication d'un *Catalogue préliminaire de la Correspondance de Lavoisier* (1) qu'il dépose sur le Bureau.

On connaît la belle publication en six volumes des *Œuvres* de Lavoisier due à la collaboration de J.-B. Dumas et d'Édouard Grimaux.

Il était désirable de compléter ces précieux documents par la publication aussi complète que possible de la correspondance de l'illustre chimiste.

Un vœu fut émis à ce sujet par les Membres du Ve Congrès International de l'Histoire des Sciences, tenu à Lausanne, en octobre 1947. Ce vœu fut accueilli avec faveur par l'Unesco, qui inscrivit à son budget de 1949 une somme de 1000 dollars et décida de mettre cette somme à la disposition de l'Académie des Sciences afin de lui permettre d'aborder la réalisation désirée.

L'Académie accepta très volontiers cette mission et constitua le 5 juillet 1948 un Comité chargé de diriger la publication.

Ce Comité, comprenant : le Bureau de l'Académie, la Section de Chimie, Mme de Chazelles et M. de Chabrol, descendants de Lavoisier, MM. Douglas Mac Kie, Jean Pelseneer, Pierre Sergescu et René Fric, décida qu'un catalogue préliminaire serait d'abord établi pour permettre non seulement de se rendre compte de l'importance de la publication à entreprendre et, par suite, des frais à envisager, mais aussi pour faciliter la recherche et la mise à jour du grand nombre probable de lettres qui doit exister et se trouve actuellement dispersé entre des mains et des pays très divers.

Un premier appel a été fait à cette occasion et M. René Fric vient de faire paraître, à plusieurs centaines d'exemplaires, un catalogue préliminaire.

Ce catalogue comprend cinq parties : 1° les lettres de Lavoisier datées, de beaucoup les plus nombreuses; 2° les lettres de Lavoisier sans date, classées par ordre alphabétique de leurs destinataires; 3° les lettres datées adressées à Lavoisier, très nombreuses aussi; 4° les lettres sans date adressées à Lavoisier, classées par ordre alphabétique de leurs auteurs et 5° les documents divers touchant Lavoisier.

Afin de faciliter l'identification des lettres de Lavoisier, la première ligne environ du texte proprement dit a été reproduite.

Je pense que l'on pourrait envisager pour la publication définitive une 6e partie : celle des lettres de Mme Lavoisier, devenue comtesse de Rumford après la mort tragique de son mari.

---

(1) Extrait des *Archives internationales d'histoire des Sciences*, 2e année, n° 7, avril 1949, p. 219-270.

Le catalogue comporte un appel aux personnes possédant des lettres de Lavoisier ou à lui adressées, ainsi que tous autres documents intéressant la vie du savant. Ces personnes sont priées de bien vouloir en informer ou mieux en adresser des copies (respectant l'orthographe du scripteur), si cela leur est possible, à M. René Fric, 24, avenue d'Aubière, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), France. Le catalogue préliminaire pourra, si elles le désirent, leur être communiqué.

Il faut espérer que les lignes ci-dessus, venant à la connaissance d'heureux possesseurs de documents inédits appartenant à la correspondance de Lavoisier, permettront la réalisation complète et prochaine de l'entreprise commencée.

M. **Henri Bésairie** fait hommage d'un Ouvrage polycopié intitulé : *La Côte française des Somalis*, publié par le Bureau géologique de Tananarive.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Henri Baulig** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Supplément à la Flore générale de l'Indo-Chine. Tome premier. Fascicule 6 : *Méliacées* (fin); *Dichapétalacées*, par François Pellegrin; *Opiliacées, Olacacées, Aptandracées, Schœpfiacées, Erythropalacées, Icacinacées, Phytocrénacées, Cardioptéridacées*, par François Gagnepain. *Aquifoliacées*, par Mme Tardieu-Blot. — Fascicule 7 : *Aquifoliacées* (fin), *Célastracées, Hippocratéacées, Siphonodontacées, Rhamnacées*, par Mme Tardieu-Blot; *Leeacées*, par François Gagnepain (présenté par M. Chevalier).

2° P. Drumaux. *Le mouvement de récession des nébuleuses extra-galactiques.— La récession des nébuleuses extra-galactiques*, 4e Partie.

3° The National Institute of Health of Japan. *The Japanese medical Journal*, Volume I, number 1.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les droites de Borel de certaines fonctions entières*. Note de M. **Yu Chia-Yung**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soient $F(z)$ une fonction entière et $U(x)$ une fonction réelle continue définie pour x supérieur ou égal à une constante. Désignons par $M(x, F)$ la borne supérieure de $|F(x+iy)|$, $-\infty < y < \infty$. Si, quel que soit $\varepsilon > 0$, on a

$M(x, F) > U(x - \varepsilon)$ pour une suite de $x \to \infty$, on dit que $F(z)$ est *au moins de l'ordre linéaire de* $U(x)$. Si, en outre, on a $M(x, F) < U(x + \varepsilon)$ pour x assez grand, ce que l'on exprime en disant que $F(x)$ est *au plus de l'ordre linéaire de* $U(x)$, on dit que $F(z)$ est *de l'ordre linéaire de* $U(x)$. On définit de la même manière l'*ordre linéaire d'une droite de Borel de* $F(x)$.

On peut préciser de la façon suivante deux résultats de M. Valiron [1] : pour le théorème I, on aura

$$(1) \qquad |F(z_n)| > W[x_n - x_0 - o(1)];$$

pour le théorème IV on pourra prendre $l > x_0$ et la droite de Borel obtenue est au moins de l'ordre linéaire de $V(x - x_0)$. Le problème du n° 2 de ma Note précédente [2] peut se traiter sans introduire $\Psi(z)$ et les résultats se précisent suivant le même ordre d'idées.

Dans la Note citée de M. Valiron, en construisant $V(t)$, on pourra remplacer $M(t, F)$ par $\mu(t, F)$. En utilisant un théorème de MM. Paley et Zygmund [3] on voit que, *pour presque toutes les suites* $\{\varepsilon_n\}$, $|\varepsilon_n| = 1$, *la fonction* $\Sigma a_n \varepsilon_n e^{\lambda_n z}$ *admet, dans le cas* $0 < \tau < \infty$, *une droite de Borel dans chaque bande* $|y - \eta| \leq \pi/2\tau$, $\eta = \text{const.}$, *et, dans le cas* $\tau = \infty$, *chaque droite* $y = \eta$ *comme droite de Borel au moins de l'ordre linéaire de* $V(x - x_0)$, x_0 *étant l'abscisse de convergence absolue de* $\Sigma a_n \Omega(\lambda_n) e^{\lambda_n z}$.

2. On peut comparer les droites de Borel de $F(z)$ et celles de sa transformée de Cramer [4] $G(z) = \Sigma a_n \theta(\lambda_n) e^{\lambda_n z}$, où $\theta(z)$ et $1/\theta(z)$ sont des fonctions entières vérifiant $\log|\theta(z)| < (k + \varepsilon)|z|$, $\log|\theta(\lambda_n)| > -(k + \varepsilon)\lambda_n$, $|z| > Z(\varepsilon)$, $n > N(\varepsilon)$, $k \geq 0$.

Construisons $V(t)$ au moyen de $\mu(t, F)$. Aux fonctions $F(z)$ et $G(z)$, on associe $f(z)$ et $g(z) = \Sigma a_n \varphi(\lambda_n) \Omega(\lambda_n) e^{\lambda_n z}$. $z_0 = x_0 + iy_0$ *étant une singularité de* $f(z)$ *définie comme dans les notes citées,* $G(z)$ *admet, dans le cas* $0 < \tau < \infty$, *une droite de Borel dans la bande* $|y - y_0| \leq (\pi/2\tau) + k$ *et, dans le cas* $\tau = \infty$, *une droite de Borel au moins de l'ordre linéaire de* $V(x - x_0 - k)$ *dans la bande* $|y - y_0| \leq k$.

On peut étudier les droites de Borel de la dérivée d'ordre m de $F(z)$ par un raisonnement analogue.

3. Supposons que $\alpha(t)$ soit une fonction monotone dans les intervalles $\lambda_n < t < \lambda_{n+1}$, $0 = \lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \ldots < \lambda_n < \ldots$, $\overline{\lim}(\log n/\lambda_n) = D < \infty$, que $\alpha(\lambda_n)$ se trouve entre $\alpha(\lambda_{n-})$ et $\alpha(\lambda_{n+})$, que $\lim(\log C_n/\lambda_n) = -\infty$ et que $\sqrt[\lambda_n]{B_n} = o(\sqrt[\lambda_n]{C_n})$, où $B_n = |\alpha(\lambda_n -) - \alpha(\lambda_{n-1} +)|$ et $C_n = |\alpha(\lambda_n +) - \alpha(\lambda_n -)|$.

---

(1) *Proc. of the Nat. Acad. of Sc.*, 20, 1934, p. 211-215.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 641-643.

(3) *Proc. of the Cambridge Phil. Soc.*, 26, 1930, p. 337-357; 28, 1932, p. 190-205.

(4) *Voir*, par exemple, S. Bernstein, *Séries de Dirichlet*. Paris, 1933, Chap. III.

Considérons la transformée de Laplace-Stieltjes ([5]) de $\alpha(t)$

$$\Psi(z)=\int_0^\infty e^{zt}d\alpha(t),$$

qui est évidemment absolument convergente partout. Soit $\Psi(z)$, une fonction d'ordre linéaire positif. Posons $\mathcal{F}(z)=\Sigma C_n e^{\lambda_n z}$ et introduisons $V(x)$ et $\Omega(u)$ au moyen de $\mu(x, \mathcal{F})$. On a, pour $x < x_a(\psi)$,

$$\psi(z)=\int_0^\infty e^{zt}\Omega(t)\,d\alpha(t)=\int_1^\infty \frac{\Psi(u+z)}{W(u)}\,du,$$

où $-D \leqq x_a(\psi) \leqq 0$. Par suite *chaque singularité* $\psi(z)$ *définie comme ci-dessus correspond à une droite de Borel de* $\Psi(z)$. On peut étudier également les dérivées de $\Psi(z)$.

4. Considérons une fonction entière définie par une série d'exponentielles absolument convergente partout $\Phi(z)=\Sigma d_n e^{\nu_n z}$, $\nu_n=\lambda_n e^{i\gamma_n}$, λ_n réels, où d_n et λ_n vérifient $\lim(\log|d_n|/\lambda_n)=-\infty$ et les conditions (E) de M. Valiron ([6]). On utilise maintenant les notations du Mémoire cité. Dans le cas où $\Phi(z)$ est d'ordre positif en e^r, on construit $V(r)$ et $\Omega(u)$ au moyen de $M(r, \Phi)$ ou $m(r, \Phi)$. La série $\varphi(z)=\Sigma a_n\Omega(\nu_n)e^{\nu_n z}$ a un domaine convexe de convergence absolue contenant $z=0$. Pareillement, *chaque singularité de* $\varphi(z)$ *définie comme ci-dessus correspond à une droite de Borel horizontale de* $\Phi(z)$. On peut étudier les droites de Borel obliques de $\Phi(z)$ en considérant $\Sigma a_n e^{\nu_n \exp(-i\theta_0)z}$.

Pour s'assurer que $\varphi(z)$ n'est pas convergente partout, il faudrait ajouter une condition supplémentaire, mais je n'en ai pas trouvé de satisfaisante. On peut traiter également les questions du n° 2 de cette Note pour la fonction $\Phi(z)$; les résultats sont analogues.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur deux théorèmes de M. S. Mandelbrojt.* Note (*) de M. **Shmuel Agmon**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de la présente Note est de compléter deux théorèmes de M. Mandelbrojt ([1]); l'un généralisant un théorème de M. S. Bernstein, et qui était déjà amélioré par M. Horváth ([2]), l'autre généralisant un théorème de Carleman sur l'unicité du problème des moments de Stieljes.

THÉORÈME. — *Soit* $F(x)$ $(0 \leqq x < \infty)$ *une fonction positive,* $\log F(x)$ *étant une fonction convexe de* $\log x$. *Soit* $\{\lambda_n\}$ $n=1, 2, \ldots$ *une suite croissante de*

([5]) *Voir* D. V. Widder, *The Laplace Transform.*, Princeton, 1946.
([6]) *Tôhoku Math. J.*, 38, 1933, p. 358-374.

(*) Séance du 8 juin 1949.
([1]) *Ann. École Norm. sup.*, 65, 1948, p. 101-138.
([2]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1074.

nombres positifs avec $\lambda_{n+1} - \lambda_n \geq h > 0$. *Posons*: $N(x) = \sum_{\lambda_n < x} 1$, $D(x) = N(x)/x$, $D_* = \underline{\lim}_{x=\infty} D(x)$ *et* $D_*(x) = \underline{\text{borne}}_{y \geq x} D(y)$. *Soit* $D_* > 0$ *et supposons que pour une constante positive* β, *on ait :*

$$(1) \qquad \int^{\infty} \log F(e^{\sigma})\, e^{-\frac{1}{2}\int^{\sigma} \frac{du}{D_*[\beta \log F(e^u)]}} d\sigma = \infty.$$

Soit $f(x)$ *une fonction continue* $(0 \leq x < \infty)$ *telle que* $f(x) \to 0\ (x \to \infty)$. *Quel que soit* $\varepsilon > 0$, *il existe un polynome de la forme*

$$P(x) = a_0 + a_1 x^{\lambda_1} + \ldots + a_n x^{\lambda_n},$$

tel que

$$\left| f(x) - \frac{P(x)}{F(x)} \right| < \varepsilon \qquad (0 \leq x < \infty).$$

Notre généralisation consiste essentiellement en ce que nous ne supposons pas que les λ_n sont des entiers. Voici en grandes lignes la modification qu'il faut apporter dans la démonstration pour obtenir le théorème général. Comme l'a indiqué M. Horváth, il suffit (d'après un théorème de M. F. Riesz) de démontrer le résultat suivant :

Si $\Phi(x)$ *est une fonction à variation totale bornée dans* $(0, \infty)$ *qui satisfait à*

$$(2) \qquad \int_0^{\infty} \frac{x^{\lambda_n}}{F(x)} d\Phi(x) = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots) \qquad (\lambda_0 = 0),$$

alors $\Phi(x)$ *est équivalente à une constante.*

Complétons d'abord la suite $\{\lambda_n\}$ par une suite $\{\mu_n\}$ de façon à obtenir une suite $\{\nu_n\}$ avec $\nu_{n+1} - \nu_n \geq h/2$ et $|\nu_n - nh| < h$ $(n = 1, 2, \ldots)$. Posons $C(z) = \prod_1^{\infty} (1 - (z^2/\nu_n^2))$ et définissons le *noyau typique* $g(s)$ par

$$(3) \qquad g(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\nu_n s}}{C'(\nu_n)} \quad \text{pour } \sigma > 0, \qquad = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-ius}}{C(iu)} du \quad \text{pour } |t| < \frac{\pi}{h}.$$

$g(s)$ est une fonction paire, holomorphe dans le plan entier coupé par $(i\pi/h, i\infty)$ et $(-i\pi/h, -i\infty)$. Or, on démontre qu'il existe un entier positif $a = a(h)$ tel que $|C'(\nu_n)|^{-1} = o(\nu_n^a)$. En utilisant ce résultat on arrive à démontrer pour $|t| \leq \pi/h$, $s \neq \pm i\pi/h$ l'inégalité suivante :

$$(4) \qquad \left| g(s) - \sum_{k=1}^{n} \frac{e^{-\nu_k s}}{C'(\nu_k)} \right| \leq A \left(1 + \left| s^2 + \frac{\pi^2}{h^2} \right|^{-a-1} \right) \nu_n^a e^{-\nu_n \sigma},$$

où A est une constante positive. Posons :

$$(5) \qquad \varphi(z) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{g(z-u)}{F(e^u)} d\Phi(e^u).$$

$\varphi(z)$ est une fonction holomorphe dans la bande $|y| < \pi/h$. De plus, en tenant compte de (2), (3), (4) et (5) on trouve pour $\varphi(z)$ [z variant dans le domaine $0 \leq x < \infty$, $|y| \leq (\pi/h) - e^{-x}$] l'inégalité suivante

$$(6) \qquad \left| \varphi(z) - \sum_{k=1}^{n} d_k e^{-\mu_k z} \right| \leq A_1 \mu_n^a M_n e^{-(\mu_n - a - 1)x}$$

où

$$d_k = \frac{1}{C'(\mu_k)} \int_0^\infty \frac{t^{\mu_k}}{F(t)} d\Phi(t), \qquad M_n = \operatorname*{Max}_{0 \leq t < \infty} \frac{t^{\mu_n}}{F(t)};$$

A_1 étant une constante.

Or, d'après (1), (6) et d'après une inégalité fondamentale de M. Mandelbrojt [3], on trouve que $d_k = 0$, $k = 1, 2$ et $\varphi(z) \equiv 0$. Ce qui nous conduit aisément à conclure que $\Phi(x)$ est équivalente à une constante, d'où résulte notre théorème.

Le même raisonnement sert à démontrer le théorème de M. Mandelbrojt concernant l'unicité de la solution $V(t)$ du problème des moments de Stieltjes généralisé

$$\int_0^\infty t^{\lambda_n} dV(t) = m_n \qquad (n = 0, 1, 2 \ldots),$$

pour le cas où les λ_n ne sont pas nécessairement des entiers.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les séries et intégrales de Fourier à coefficients positifs.* Note de M. **Ralph P. Boas**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

M. D. Dugué a énoncé le théorème suivant [1]: *Si la fonction $f(x)$, continue entre $-\pi$ et π et analytique autour de $x = 0$, a une série de Fourier $\Sigma c_n \cos nx$ à coefficients positifs, $f(x)$ est partout analytique.* (On peut remplacer le mot *continue* par *intégrable*) par ce que, d'après un théorème de Paley, une telle série converge absolument si la fonction est bornée dans un voisinage de $x = 0$.) On peut démontrer facilement la généralisation suivante relative aux intégrales de Fourier-Stieltjes (généralisation aussi du théorème de Hamburger sur les points singuliers des intégrales de Laplace).

Soit $f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{ixt} d\alpha(t)$ avec $\alpha(t)$ bornée, non décroissante. Si $f(x)$ coïncide dans un voisinage réel de $x = 0$ avec une fonction analytique, il en est ainsi pour tous les x réels, et $f(x)$ peut se prolonger analytiquement dans une bande $|y| < \delta$ du plan complexe.

---

(3) *Ann. École Norm. Sup.*, 63, 1946, p. 351-378.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1469-1470.

En effet, d'après un résultat de M. Fortet ([2]), $f^{(2n)}(0)=\int_{-\infty}^{\infty} t^{2n}d\alpha(t)$ est finie pour $n=0, 1, 2, \ldots$. Posons $M_n = \sup_{-\infty<x<\infty} f^{(n)}(x)$. Nous avons $M_{2n}=f^{(2n)}(0)$ et en vertu d'une inégalité classique ([3]), $M_{2n+1} \leqq \sqrt{2M_{2n}M_{2n+2}}$, donc

$$\limsup_{n\to\infty}\left(\frac{M_n}{n!}\right)^{\frac{1}{n}} \leqq \limsup \left\{\frac{|f^{(2n)}(0)|}{2n!}\right\}^{\frac{1}{2n}} \leqq \limsup \left\{\frac{|f^{(n)}(0)|}{2n!}\right\}^{\frac{1}{n}}.$$

Donc l'intervalle de convergence de la série de Taylor de $f(x)$ est au moins égal à l'intervalle pour $x=0$. On démontre de la même façon un théorème analogue pour des classes de fonctions quasi analytiques.

Le théorème suivant généralise le résultat de M. Dugué d'une autre façon, mais la démonstration en est plus difficile.

Soit $\sum_{-\infty} c_n e^{in\theta}$ *une série de Fourier à coefficients réels, et notons* λ_k *les n tels que* c_n *et* c_{n+1} *ont des signes opposés. Supposons que la limite* $\lim_{k\to\infty}|k/\lambda_k| = D$ *existe. Si la série représente une fonction analytique dans un intervalle* $-\delta \leqq \theta \leqq \delta$, $\delta > \pi D$, *elle représente une fonction partout analytique.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions continues périodiques.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous conservons les mêmes notations que précédemment ([1]).

1. Soit $\{\rho_n\}$ une suite de nombres positifs tendant vers zéro pour $n\infty$. S'il existe une suite de polynomes trigonométriques $\{P_n(x)\}$ et un entier positif p tel que

$$|P_n - f| = O(\rho_n) \quad \text{et} \quad |P_n^{(2p)}(x)| = O(n^{2p}\rho_n),$$

nous avons prouvé que

$$\int_0^{+\infty} \frac{\Delta_{2p}(t)}{t^q}\sin^{2r} nt\,dt = \frac{C_{2r}^r}{2^{2r}}\int_{\frac{\alpha}{n}}^{+\infty}\frac{\Delta_{2p}(t)}{t^q}\,dt + O(n^{q-1}\rho_n),$$

($\alpha=$ const., q, r entiers, $q>1$, $2r \geqq q$, $2p+2r-q>0$). Si dans l'hypothèse on peut remplacer O par o, on peut aussi dans la conclusion remplacer O par o.

([2]) *Bull. Sc. Math.*, (2), 68, 1944, p. 117-131.

([3]) *Cf.* par exemple Carleman, *Les fonctions quasi analytiques*, Paris, 1926, p. 12.

([1]) *Voir* en particulier *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1011-1013 et **228**, 1949, p. 460-461.

En particulier pour le procédé de Féjèr, on a

$$\sigma_n(x) - f(x) = \frac{1}{n\pi}\int_{\frac{1}{n}}^{+\infty} \frac{f(x+t)+f(x-t)-2f(x)}{t^2}\,dt + O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right],$$

$\omega(h)$ étant le module de continuité de $f(x)$. Si $E_n(f) = O(1/n)$ [ou $o(1/n)$] le dernier terme peut être remplacé par $O(1/n)$ [ou $o(1/n)$].

Nous indiquons le résultat analogue pour la fonction conjuguée $\tilde{f}(x)$. *Si $\tilde{f}(x)$ est continue*

$$\tilde{\sigma}_n(x) - \tilde{f}(x) = -\frac{1}{\pi}\int_0^{\frac{1}{n}} \frac{f(x+t)-f(x-t)}{t}\,dt + O\left[\omega\left(\frac{1}{n}\right)\right].$$

On retrouve des résultats connus. Ainsi lorsque $f \in \text{Lip}\,\alpha (0 < \alpha < 1)$, $\tilde{f} \in \text{Lip}\,\alpha$ également; si $f \in \text{Lip}\,1$, $|\tilde{\sigma}_n - \tilde{f}| = O(1/n)$. Parmi les résultats nouveaux, signalons les suivants :

Soit $f(x)$ une fonction continue, nulle pour $x = 0$, impaire, dont le module de continuité est

$$\omega(h) = \frac{1}{\log\frac{1}{h}\log_2\frac{1}{h}\cdots\left(\log_p\frac{1}{h}\right)^{1+\alpha}} \qquad (p \text{ entier fixe, } \alpha : \text{const. positive}),$$

égale à $\omega(x)$ au voisinage de $x = 0$. Dans ces conditions $\tilde{f}(x)$ est continue, la série conjuguée converge uniformément vers $\tilde{f}(x)$,

$$\max_x |\tilde{\sigma}_n(x) - \tilde{f}(x)| = \frac{1}{\alpha\pi}\frac{1}{(\log_p n)^\alpha} + o\left(\frac{1}{\log n}\right)$$

et

$$E_n(\tilde{f}) \approx \max_x |\tilde{\sigma}_n(x) - \tilde{f}(x)| \approx \frac{1}{\pi}\max_x\left|\int_0^{\frac{1}{n}} \frac{f(x+t)-f(x-t)}{t}\,dt\right|.$$

On remarquera que la condition $\omega(1/n) = o(1/\log n)$ suffit à assurer la convergence uniforme de la série de Fourier de f mais non la continuité de $\tilde{f}$.

2. Classes de saturation de certains procédés d'approximation. — *Soit $g(u)$ un polynome entier en u tel que*

$$g(0) = 1, \quad g(1) = 0, \quad g'(0) = g''(0) = \ldots = g^{(p-1)}(0) = 0, \quad g^{(p)}(0) \neq 0.$$

Soit

$$T_n^g(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_1^{n-1} g\left(\frac{k}{n}\right)(a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

le polynome trigonométrique d'approximation défini par ce procédé. Ce procédé se sature avec l'approximation de saturation $1/n^p$. La classe de saturation attachée à ce procédé est obtenue :

pour p impair lorsque $\tilde{f}^{(p-1)}(x) \in \text{Lip}\,1$;

pour p pair lorsque $f^{(p-1)}(x) \in \text{Lip}\,1$.

La démonstration se fait d'abord pour les polynomes $g(u) = 1 - u^p$ (p entier > 1). On prouve que si

$$E_n(f) = O\left(\frac{1}{n^p}\right), \qquad \sigma_n(x) - f(x) = \frac{f''(x)}{n} + O\left(\frac{1}{n_p}\right)$$

puis, que :

a. Si $E_n(f) = O(1/n^{2m+1})$,

$$T_n^{2m+1}(x) - f(x) = (-1)^{m-1}\frac{f^{(2m)}(x) - \sigma_n^{(2m)}(x)}{n^{2m}} + O\left(\frac{1}{n^{2m+1}}\right).$$

b. Si $E_n(f) = O(1/n^{2m})$,

$$T_n^{2m}(x) - f(x) = (-1)^{m-1}\frac{f^{(2m-1)}(x) - \sigma_n^{(2m-1)}(x)}{n^{2m-1}} + O\left(\frac{1}{n^{2m}}\right).$$

De plus dans le cas *a* si $f^{(2m+1)}(x)$ existe et a pour meilleure approximation $O(1/n)$

$$T_n^{2m+1}(x) - f(x) = (-1)^{m}\frac{f^{(2m+1)}(x)}{n^{2m+1}} + O\left(\frac{1}{n^{2m+2}}\right)$$

et dans le cas *b* pour des conditions analogues

$$T_n^{2m}(x) - f(x) = (-1)^{m-1}\frac{f^{(2m)}(x)}{n^{2m}} + O\left(\frac{1}{n^{2m+1}}\right).$$

[Ces égalités restent valables si p n'est pas entier, $2m$ ou $2m+1$ désignant alors la partie entière de p, et les quantités $O(1/n^{2m})$ ou $O(1/n^{2m+1})$ sont à remplacer par $O(1/n^p)$]. Enfin on passe du polynome $1 - u^p$ à un polynome $g(u)$ tel que $u = 0$ soit zéro d'ordre $p \geq 1$ de $g(u) - 1$ en remarquant que si $E_n = O(1/n^p)$, $|d^{p+1}(T_n^p)/dx^{p+1}| = O(n)$.

On trouve donc tous les résultats analogues à ceux que nous avons obtenus pour le procédé de Féjèr (fonction sommatoire $1 - u$). On peut donc considérer comme une généralisation naturelle du procédé de Féjèr, les procédés d'approximation définis par des polynomes et plus particulièrement par des polynomes de la forme $1 - u^p$.

SÉRIES DIVERGENTES. — *Sommation, par pondération binomiale des séries convergentes alternées qui paraissent commencer par diverger; application aux séries divergentes.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

On a toujours calculé sans effort les séries *divergentes* qui se présentaient sous la forme de développements asymptotiques de première espèce à terme minimum très petit, parce qu'elles commençaient par une convergence apparente. Il arrive souvent que l'on soit embarrassé, par contre, par le calcul d'une série

---

(*) Séance du 8 juin 1949.

alternée que l'on sait *convergente*, mais dont les termes commencent par croître en valeur absolue, au point même de dépasser de beaucoup la somme de la série. Il est alors nécessaire de calculer un nombre de termes extrêmement considérable que l'on est souvent bien loin de posséder. C'est ce qui arrive lorsqu'on veut, par exemple, calculer la valeur numérique d'une *fonction entière* pour une valeur élevée de la variable.

Il est connu de remplacer la limite de la somme S_n des $(n+1)$ premiers termes par la limite de la moyenne arithmétique des $(n+1)$ premières sommes S_n, ou même par la limite d'une moyenne *pondérée* de ces sommes. Le résultat nouveau, et curieux, que nous apportons ici, c'est l'extraordinaire *accélération* de la convergence que procure le choix des *coefficients binomiaux* pour les poids affectant les sommes.

Une telle moyenne pondérée se détermine d'ailleurs très facilement par le tableau traditionnel de sommation successive des sommes S_n : les « pondérées binomiales » s'obtiennent par division des têtes de colonne par les puissances successives de 2.

Soit par exemple à calculer e^{-3} (qui vaut 0,049789) par la série pénible :

$$1{,}000\,000 - 3{,}000\,000 + 4{,}500\,000 - 4{,}500\,000 + 3{,}375\,000$$
$$- 2{,}025\,000 + 1{,}025\,000 - 0{,}433\,928 + \ldots.$$

On trouve pour pondérées binomiales successives

1,000000 — 0,500000 — 0,125000 0,062500 0,085937 0,069531 0,056050 0,049539 ...

L'ordre de grandeur correct est obtenu dès la 4e, alors que le 4e terme avait la valeur énorme — 4,5 ; la valeur correcte de la somme est obtenue à quelques dix-millièmes près à la 8e moyenne, le terme correspondant de la série ayant encore la valeur absolue 0,43, considérable par rapport à la somme de la série.

La valeur modérante vraiment surprenante des coefficients binomiaux apparaîtra encore mieux dans le calcul, par la série e^{-z}, de la quantité e^{-10}. Le terme maximum du développement atteint presque 3000, alors que la valeur de la série, commencée au terme en z comme dans l'exploitation de la *formule de l'infini* (¹) vaut 1. Or, la tête de la 6e colonne donne déjà l'ordre de grandeur de la somme. Les premiers termes de la 8e donnent presque exactement cette somme : or, ils correspondent à des termes de la série de l'ordre de 1300.

La pondération binomiale tend à transformer la forte aberrance momentanée des sommes S_n en une variation lente accompagnée d'une oscillation fortement amortie. Alors que l'itération de la moyenne arithmétique entre les S_n soulevait de grandes difficultés d'interprétation (*loc. cit.*, § 8, 14524), on peut itérer tant qu'il est besoin la pondération binomiale.

(¹) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, série grise, n° 207, chapitre 5.

Nous avons appliqué la méthode, avec succès, au calcul de fonctions entières compliquées; et aussi à la recherche rapide de la limite commune des réduites de rang pair et des réduites de rang impair, parfois fort éloignées les unes des autres, de certaines *fractions continues* résultant, par la méthode Stieltjes, de la série alternée déduite d'une série à termes positifs, divergente, sans ralentissement préalable, selon notre méthode (*loc. cit.*, § 4, 332).

On peut s'en servir aussi pour le calcul de séries réellement divergentes, une fois que par la méthode des *séries définissables* (*loc. cit.*, § 4,14 et § 4,33) on les a ramenées à des développements asymptotiques de première espèce : le terme minimum est alors en effet généralement bien trop grand pour pouvoir être pris pour mesure de l'approximation. L'usage de la pondération binomiale pour les sommes S_m revient alors à remplacer les termes du développement à partir du terme minimum (ou du terme traité comme minimum) v_m, inclusivement, par une expression linéaire de ce terme et des termes avoisinants :

$$\text{soit } \frac{v_m}{2}, \text{ soit } \left[\frac{v_m}{2} + \frac{1}{8}(v_{m-1} - v_{m+1})\right], \text{ soit } \left[\frac{v_m}{2} - \frac{1}{32}(v_{m-2} - v_{m+2}) + \frac{3}{16}(v_{m-1} - v_{m+1})\right]\ldots$$

Avec la série de terme général $(-1)^n n!$, de somme $s = 0{,}40365\ldots$, dont on ralentit la *fonction attachée* (*loc. cit.*, § 9,11) par racine cubique, on trouve un développement commençant par 1 et dont le terme minimum v_m a la valeur énorme 0,31411. La sommation doit donner (*loc. cit.*, § 2,172) la racine cubique de s, soit 0,7390. La règle en $\frac{v_m}{2}$ donne 0,7402, chiffre déjà très approché, dû à la grande régularité apparente du développement, et la règle à trois termes donne l'évaluation beaucoup plus parfaite 0,7388.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la déformation à réseau conjugué persistant.* Note (*) de M. **Victor Lalan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans le cas général, où les courbes du réseau conjugué ne sont pas des géodésiques, les surfaces déformables avec conservation d'un réseau conjugué dépendent de huit fonctions arbitraires d'un argument, dont six seulement sont essentielles, les deux autres manifestant l'arbitraire qui préside au choix des paramètres u, v. En examinant le système de Pfaff auquel conduit la méthode de M. É. Cartan (1) pour déterminer le ds^2 de ces surfaces, je montre qu'il équivaut à un système d'équations aux dérivées partielles relativement simple, comprenant :

1° *une équation aux d. p. du quatrième ordre* à une inconnue;

2° *un système de deux équations aux d. p. du premier ordre* à deux inconnues,

(*) Séance du 8 juin 1949.

(1) *Les systèmes différentiels extérieurs et leurs applications géométriques*, Paris, 1945.

dont l'intégration se ramène à celle d'une équation linéaire du second ordre à une inconnue.

Les inconnues que je suis amené à retenir sont les paramètres différentiels $\Delta_1 u = X$, $\Delta_1(u, v) = Y$, $\Delta_1 v = Z$. Les coefficients du ds^2 sont donc

$$E = \frac{Z}{XZ - Y^2}, \qquad F = -\frac{Y}{XZ - Y^2}, \qquad G = \frac{X}{XZ - Y^2}. \tag{1}$$

Appelant L, o, N les coefficients de la forme asymptotique, je pose

$$\xi^2 = \frac{LN}{\left\{ \begin{matrix} 2\,2 \\ 1 \end{matrix} \right\}}, \qquad \zeta^2 = \frac{LN}{\left\{ \begin{matrix} 1\,1 \\ 2 \end{matrix} \right\}}. \tag{2}$$

Avec ces notations, les formules connues [2] deviennent

$$\frac{L^2}{\xi^2} = \frac{U'}{2(U+V)}, \qquad \frac{N^2}{\zeta^2} = \frac{V'}{2(U+V)} \qquad [U(u), V(v)]. \tag{3}$$

Je montre alors qu'il existe une fonction $Q(u, v)$ telle que l'on ait

$$X\xi^2 = \frac{\partial Q}{\partial u}, \qquad Z\zeta^2 = \frac{\partial Q}{\partial v}, \qquad Y\xi\zeta = -\frac{U+V}{\sqrt{U'V'}} \frac{\partial^2 Q}{\partial u \, \partial v}. \tag{4}$$

La fonction $Q(u, v)$ est assujettie à vérifier la seule équation

$$\frac{\partial^2 \log R}{\partial u \, \partial v} = \frac{U'V'}{2(U+V)^2}\left[1 - \frac{R^2}{Q_{uv}^2}\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u \left(\frac{Q_v}{R}\right)_v\right] + \frac{\partial^2 Q}{\partial u \, \partial v}, \tag{5}$$

où R représente le groupe de termes

$$R = \frac{\partial Q}{\partial u}\frac{\partial Q}{\partial v} - \frac{(U+V)^2}{U'V'}\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial u \, \partial v}\right)^2. \tag{6}$$

L'équation (5) est l'équation du quatrième ordre annoncée plus haut. Quant à ξ et ζ, elles vérifient le système

$$\frac{1}{\xi}\frac{\partial \xi}{\partial v} = \frac{\sqrt{U'V'}}{2(U+V)} \frac{R}{Q_{uv}}\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u, \qquad \frac{1}{\xi}\frac{\partial \zeta}{\partial u} = \frac{\sqrt{U'V'}}{2(U+V)} \frac{R}{Q_{uv}}\left(\frac{Q_v}{R}\right)_v. \tag{7}$$

Une fois connues Q, ξ et ζ, les formes quadratiques s'écrivent

$$ds^2 = \xi^2 \frac{Q_v}{R} du^2 + 2\xi\zeta \frac{U+V}{\sqrt{U'V'}} \frac{Q_{uv}}{R} du \, dv + \zeta^2 \frac{Q_u}{R} dv^2 \tag{8}$$

$$\Phi = \xi\sqrt{\frac{U'}{2(U+V)}} du^2 + \zeta\sqrt{\frac{V'}{2(U+V)}} dv^2. \tag{9}$$

Dans Φ, il est loisible de changer U et V en $1/(U+m)$ et $1/(V-m)$, ce qui

---

[2] *Voir* B. GAMBIER, *Applicabilité des surfaces étudiée au point de vue fini* (*Mémorial des Sc. Math.*, fasc. XXXI, 1928, p. 33) et S. FINIKOFF, *Déformation à réseau conjugué persistant et problèmes géométriques qui s'y rattachent* (*Mémorial des Sc. math.*, fasc. XCVI, 1939, p. 3).

n'altère pas le ds^2 : la présence de la constante arbitraire m dans Φ exprime la déformabilité spéciale de nos surfaces.

2. On aperçoit un cas particulier où l'équation (5) se simplifie considérablement : c'est celui où Q satisfait à l'équation du troisième ordre

$$\left(\frac{Q_u}{R}\right)_u = 0. \tag{10}$$

La solution générale du système (5), (10) est

$$Q = \frac{1}{2} \log \frac{UV_1}{U + V} \tag{11}$$

et, pour ξ et ζ, on obtient

$$\xi = \frac{2\sqrt{U'}U'_1}{U}, \qquad \zeta = \frac{U_1(VV'_1 - V_1V')}{V_1\sqrt{V'}} \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{V'_1}{VV'_1 - V_1V'}\right) + V_2. \tag{12}$$

Les ds^2 correspondants s'écrivent avec cinq fonctions arbitraires d'un argument, dont trois essentielles. Sur ces surfaces, le réseau conjugué est formé de courbes planes : les plans des lignes $u = C$ sont parallèles entre eux; ceux des lignes $v = C$ sont perpendiculaires aux précédents. Les surfaces obtenues sont celles de E. Goursat ([3]).

En particularisant convenablement les fonctions arbitraires U_1, V_1, V_2, on retrouve aisément les diverses solutions connues. Ainsi, si $V_1 = aV + b$, on obtient les *surfaces de translation* dont les courbes génératrices sont dans des plans rectangulaires; si $V_2 = 0$, on obtient des *surfaces de Peterson*, etc.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les systèmes de variétés à k dimensions et la connexion projective normale associée.* Note de M. **Yen Chih Ta**, présentée par M. Élie Cartan.

Étant donné dans un espace numérique R^n un système de variétés à k dimensions, une connexion projective *normale* d'éléments à k dimensions peut être associée de manière que chacune des variétés du système soit développée, par rapport à cette connexion, sur une variété linéaire à k dimensions. Dans une Note précédente ([1]) nous avons explicité les conditions nécessaires pour qu'une telle connexion soit déterminée *uniquement*. Inversement, une connexion projective d'éléments vérifiant les conditions de la Note citée n'est pas nécessairement une connexion normale associée à *un système de variétés*. Ici on a le théorème suivant :

([3]) *Sur un problème relatif à la déformation des surfaces* (*American Journal of Mathematics*, t. 15, 1892, p. 1-9).

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 641-642. Ici l'on se réfère aux notations et aux définitions de cette Note.

Théorème 1. — *Soient* $R^{i}_{.jkl}$ (2) *les composantes d'un tenseur de courbure d'une connexion projective normale associée à un système de variétés à k dimensions, où* $k > 1$; *alors*

$$H^{i}_{jkl} p^{j}_{\alpha} p^{k}_{\beta} p^{l}_{\gamma} = 0,$$

où

$$H^{i}_{jkl} = R^{a}_{jkl\underset{\lambda}{a}} p^{i}_{\lambda} - (n-k) R^{i}_{jkl} - \frac{1}{n-1} \{ \delta^{i}_{k} R^{a}_{jhl\underset{\lambda}{a}} p^{h}_{\lambda} + \delta^{i}_{l} R^{a}_{jkh\underset{\lambda}{a}} p^{h}_{\lambda} \}.$$

En considérant le cas spécial où $k = n - 1$, on peut retrouver la condition suivante obtenue par Hachtroudi (3),

$$u_a R^{a}_{jkl} = 0.$$

Corollaire. — *Si les composantes du tenseur de courbure sont des fonctions de points de* R^n, *alors ce tenseur est nul.*

Dans ce cas, la connexion projective est équivalente à celle de l'espace projectif ordinaire, ou bien le système donné est équivalent à un système formé par toutes les variétés linéaires à k dimensions dans l'espace projectif ordinaire. Le théorème 2 de la Note citée est une conséquence du corollaire.

Maintenant considérons certaines applications du théorème ci-dessus.

Théorème 2. — *Pour que le système de variétés à k dimensions, où* $k > 1$, *soit équivalent à un système formé par toutes les variétés linéaires à k dimensions de l'espace projectif ordinaire, il faut et il suffit qu'il admette un groupe de transformations ponctuelles dont le groupe d'isotropie est k-transitif.*

On dit que le groupe d'isotropie est k-transitif, lorsqu'il existe au moins une transformation du groupe qui transforme un élément à k dimensions quelconque dans un autre quelconque. Si l'espace à connexion projective admet un groupe de transformations ponctuelles dont le groupe d'isotropie est k-transitif pour tous les $k = 1, 2, 3, \ldots, n-1$, on dit que l'espace *satisfait à l'axiome de libre mobilité* (4). Enfin on remarque que le théorème *n'est pas vrai pour* $k = 1$.

Considérons une autre application :

On sait que dans l'espace à connexion projective normale d'éléments *à une dimension*, on peut *changer le paramètre* sur les variétés de manière que le système soit défini par les équations canoniques

$$\frac{d^2 x^i}{ds^2} + \Pi^{i}_{jk} \frac{dx^j}{ds} \frac{dx^k}{ds} = 0.$$

---

(2) É. Cartan, *Leçons sur la théorie des espaces à connexion projective*, Paris, 1937, p. 219-220.

(3) *Voir* le Mémoire de Hachtroudi indiqué dans notre Note précédente.

(4) É. Cartan, *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, Paris, 1946, p. 113-126.

On se demande s'il existe un tel changement de paramètres pour que le système d'équations aux dérivées partielles qui définit un système de variétés à k dimensions, où $k > 1$, soit réductible à la forme canonique

$$\frac{\partial^2 x^i}{\partial u^\alpha \partial u^\beta} + \Pi^i_{jk} \frac{\partial x^j}{\partial u^\alpha} \frac{\partial x^j}{\partial u^\beta} = 0.$$

Si l'on se borne au cas spécial où $k = n - 1$, le problème proposé sera résolu par le théorème suivant.

Théorème 3. — *Pour qu'un système d'équations aux dérivées partielles définissant un système de variétés à $n - 1$ dimensions soit réductible à la forme canonique, il faut et il suffit qu'il soit équivalent, par rapport à une transformation analytique dont le jacobien est constant, au système*

$$\frac{\partial^2 x^i}{\partial u^\alpha \partial u^\beta} = 0.$$

Les paramètres correspondant aux formes canoniques sont définis aux transformations linéaires près, à savoir

$$\bar{u}^\alpha = c^\alpha_\beta u^\beta + c^\alpha.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie unitaire du champ physique. 3. Détermination des tenseurs fondamentaux.* Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans deux Notes précédentes (¹), nous avons déterminé la solution générale des équations d'une théorie unitaire dont les coefficients de connexion sont quelconques et la métrique symétrique. Ces coefficients de connexion sont finalement exprimés en fonction des trois champs antisymétriques et du champ symétrique introduits par un lagrangien quelconque. Leur expression fait intervenir les invariants f, G et $\alpha = 1 + f + G^2$ qu'on rencontre dans la théorie de Born-Infeld.

a. Si la fonction d'action ne dépendait pas de $F_{\mu\nu}$, on aurait l'expression très simple : $\Lambda_{\mu\nu,\rho} = -1/3(g_{\mu\rho}\Lambda_\nu - g_{\nu\rho}\Lambda_\mu)$ pour la partie antisymétrique de la connexion affine.

b. Si la fonction d'action dépend de $F_{\mu\nu}$, ce qui constitue la généralisation la plus naturelle de la relativité générale, nous avons donné l'expression exacte des $\Omega_{\mu\nu,\rho}$ mais, pour développer les conséquences pratiques de la théorie, nous nous contenterons d'un certain degré d'approximation, négligeant les termes d'ordre supérieur au second (c'est-à-dire à $f^2_{\mu\nu}$).

(¹) M.-A. Tonnelat, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 368 et 660.

Posons

$$\Lambda_{\mu\nu,\rho} = -\frac{1}{3}(g_{\mu\rho}\Lambda_\nu - g_{\nu\rho}\Lambda_\mu) + \Omega_{\mu\nu,\rho} \qquad (\Omega_\mu = \Omega^\rho_{\mu\rho} = 0),$$

$$\Gamma_{\mu\nu,\rho} = -\frac{1}{6}(g_{\mu\rho}\Gamma_\nu + g_{\nu\rho}\Lambda_\mu) + [\mu\nu,\rho] + \omega_{\mu\nu,\rho} \qquad (\omega_\mu = \omega^\rho_{\mu\rho})$$

pour les parties antisymétrique et symétrique de la connexion affine. En revenant à l'expression des tenseurs fondamentaux $G_{\mu\nu}$ et $F_{\mu\nu}$ dont dépend le lagrangien, on trouve

$$G_{\mu\nu} = \dot{G}_{\mu\nu} + \dot{D}_\rho \omega^\rho_{\mu\nu} - \frac{1}{2}(\dot{D}_\mu \omega_\nu + \dot{D}_\nu \omega_\mu) + \omega^\rho_{\mu\nu}\omega_\rho - \omega^\lambda_{\mu\rho}\omega^\rho_{\lambda\nu} - \frac{1}{4}\Omega^\lambda_{\mu\rho}\Omega^\rho_{\lambda\nu},$$

$$F_{\mu\nu} = \frac{1}{3}(\partial_\mu \Lambda_\nu - \partial_\nu \Lambda_\mu) - \frac{1}{2}(\partial_\mu \omega_\nu - \partial_\nu \omega_\mu) - \frac{1}{2}\dot{D}_\rho \Omega^\rho_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\Omega^\rho_{\mu\nu}\omega_\rho + \frac{1}{2}(\omega^\sigma_{\mu\rho}\Omega^\rho_{\sigma\nu} + \omega^\sigma_{\nu\rho}\Omega^\rho_{\mu\sigma}).$$

$\dot{G}_{\mu\nu}$ désignant le tenseur contracté d'Einstein, formé à partir des symboles de Riemann-Christoffel et $\dot{D}$ la dérivée covariante riemannienne faisant intervenir les mêmes symboles.

Calculons maintenant $G_{\mu\nu}$ et $F_{\mu\nu}$ en remplaçant les Ω et ω par leur valeur en fonction des champs et en nous bornant à une approximation du second ordre.

(1) $$G_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}G = \dot{G}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}\dot{G} + T'_{\mu\nu}(f^2_{pq}).$$

L'expression $T'_{\mu\nu}$ qui représente l'influence du champ $f_{\mu\nu}$ sur le champ de gravitation est assez simple, mais n'a pas de sens physique immédiat. Elle est du second ordre, ce qui montre que la contribution apportée par le champ antisymétrique au champ de gravitation est entièrement négligeable au premier ordre d'approximation.

Le tenseur $F_{\mu\nu}$ a l'expression suivante :

(2) $$F_{\mu\nu} = \frac{1}{3}(\partial_\mu \Lambda_\nu - \partial_\nu \Lambda_\mu) + \frac{1}{3}(\partial_\mu s_\nu - \partial_\nu s_\mu) + \frac{1}{3}(\partial_\mu s_{\bar{\nu}} - \partial_\nu s_{\bar{\mu}})$$
$$+ \frac{1}{2}\dot{\Box} f_{\mu\nu} + \frac{1}{2}(f_\mu{}^\sigma \dot{G}_{\nu\sigma} - f_\nu{}^\sigma \dot{G}_{\mu\sigma}) - \frac{1}{2}f_\sigma{}^\rho \dot{G}^\sigma_{\mu\nu\rho}.$$

En général, $F_{\mu\nu}$ n'est donc pas un rotationnel et sa divergence obtenue par permutation circulaire n'est pas nulle, même au premier ordre d'approximation.

Considérons le cas particulier où, sans être nulle, la courbure $\dot{G}_{\mu\nu\sigma\rho}$ est celle d'un espace de De Sitter tel que

(3) $$\dot{G}_{\mu\nu\sigma\rho} = -\frac{\lambda}{3}(g_{\mu\sigma}g_{\nu\rho} - g_{\mu\rho}g_{\nu\sigma}) \qquad \left(\lambda = -\frac{3}{R^2} < 0\right)$$

et supposons que le champ $f_{\mu\nu}$ satisfasse aux équations de propagation

(4) $$\dot{\Box} f_{\mu\nu} = \dot{D}^\rho \dot{D}_\rho f_{\mu\nu} = k^2 f_{\mu\nu}.$$

Les termes non rotationnels de $F_{\mu\nu}$ se réduisent à

$$\sigma f_{\mu\nu} = \left(\frac{2\lambda}{3} + \frac{k^2}{2}\right) f_{\mu\nu}.$$

Si le lagrangien ne dépend que de F et de G, (2) prend une forme simple

$$F_{\mu\nu} = \frac{1}{3}(\partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu) + \sigma f_{\mu\nu}.$$

Si le lagrangien dépend de G, de F et de S, on peut toujours à l'instar de Schrödinger (2) choisir une combinaison linéaire appropriée

$$F'_{\mu\nu} = F_{\mu\nu} + \frac{1}{4} S_{\mu\nu}, \qquad S'_{\mu\nu} = S_{\mu\nu},$$

ce qui donne après calcul $F'_{\mu\nu} = (1/8)(\partial_\mu f'_\nu - \partial_\nu f'_\mu) + \sigma f'_{\mu\nu}$.

Ce tenseur a même forme que le $\overline{\varphi}_{\mu\nu}$ de Schrödinger, mais son expression, tirée d'une formule générale, est valable au troisième ordre près. D'autre part, elle se trouve vérifiée même s'il existe un champ de gravitation pourvu que la condition (3) soit réalisée. Son influence sur le champ électromagnétique se traduit par le terme en λ contenu dans σ et aussi dans k^2. A l'approximation admise, on peut admettre que $F'_{\mu\nu}$ et $f'_{\mu\nu}$ sont proportionnels et poser $F'_{\mu\nu} = \sigma p f'_{\mu\nu}$. On arrive ainsi aux équations du champ mésonique

(5) $$f''_{\mu\nu} = \partial_\mu f'_\nu - \partial_\nu f'_\mu \qquad \partial^\mu f''_{\mu\nu} = \mu^2 f'_\nu,$$

en posant

(6) $$\mu^2 = 8\sigma(p-1) = \left(\frac{16\lambda}{3} + 4k^2\right)(p-1) \qquad (f''_{\mu\nu} = \mu^2 f_{\mu\nu}).$$

De (5) on tire facilement $\Box f''_{\mu\nu} = [\mu^2 + (2\lambda/3)] f''_{\mu\nu}$, car $D_{[\rho} f''_{\mu\nu]}$ est nul. On a donc

(7) $$k^2 = \mu^2 + \frac{2\lambda}{3},$$

de sorte que la condition (4) impose, par l'intermédiaire de (6) et de (7), une relation entre μ et λ.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'évaluation théorique du rapport des probabilités de capture nucléaire des électrons* L_I *et* K *de* Ar^{37}. Note de Mme **Pierrette Benoist** et M. **Maurice Jean**, présentée par M. Louis de Broglie.

La capture nucléaire des électrons L_I de l'argon a été mise en évidence récemment par B. Pontecorvo, D. H. W. Kirkwood et G. C. Hanna [1] grâce à la technique du compteur proportionnel. Le rapport des probabilités respectives de capture L_I et K a pu être estimé et une valeur de 8 à 9 % a été obtenue.

---

[2] Schrödinger, *Proc. of the Roy. Ir. Acad.*, 51 A 4, 1946, p. 46.

[1] *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 982[2].

En utilisant des considérations théoriques de R. E. Marshak (²), les auteurs précités ont calculé ce rapport qui a été trouvé égal à 6 %. Il leur semble toutefois que le désaccord pourrait être imputé aux difficultés expérimentales, en particulier à la soustraction du fond. Nous voudrions cependant attirer l'attention, à ce propos, sur les remarques suivantes.

Le rapport en question a pour expression

$$(1)\qquad \rho = \frac{\text{probabilité de capture } L_I}{\text{probabilité de capture } K} = \frac{g_{L_I}^2(r)}{g_K^2(r)}\,\frac{(W_0 + mc^2 - \varepsilon_{L_I})^2}{(W_0 + mc^2 - \varepsilon_K)^2},$$

où $g_{L_I}(r)$ et $g_K(r)$ sont les parties radiales des grandes composantes des fonctions de Dirac (évaluées pour $r =$ Rayon nucléaire), W_0 est l'énergie de transition, mc^2 l'énergie au repos de l'électron, ε_{L_I} et ε_K les énergies de liaison des électrons planétaires.

On remarquera que le second terme du rapport ρ dans (1) est nécessairement supérieur à 1 et que par conséquent le rapport du carré des fonctions d'ondes représente une limite inférieure de ρ. Dans le cas particulier qui nous intéresse (Ar^{37}) il est possible de faire une évaluation très approximative de l'énergie de transition W_0 à l'aide de la période de désintégration. On en conclut que le second terme de (1) est certainement assez voisin de l'unité pour qu'on puisse admettre pour ρ l'expression

$$\rho = \frac{g_{L_I}^2(r)}{g_K^2(r)}.$$

Le numéro atomique de l'élément envisagé ($Z = 18$) est suffisamment faible pour que les corrections de relativité soient négligeables, de telle sorte qu'on peut avantageusement remplacer les fonctions de Dirac par les fonctions de Schrödinger correspondantes (évaluées pour $r = 0$) qui ont alors une forme particulièrement simple. Marshak tient compte des interactions du cortège en introduisant dans les fonctions hydrogénoïdes un Z effectif caractéristique de la couche électronique considérée et qu'on peut évaluer aisément par la règle de Slater (³). On a alors l'expression

$$\rho = \frac{1}{8}\left(\frac{Z_{L_I}^{\text{eff.}}}{Z_K^{\text{eff.}}}\right)^3$$

qui conduit à la valeur 6 % donnée par Pontecorvo.

Il convient cependant de souligner que les fonctions hydrogénoïdes avec Z effectif ne sont qu'une représentation très approximative du comportement des électrons d'un atome. Nous avons déjà indiqué qu'elles pouvaient conduire à des prévisions grossièrement erronées dans certains problèmes de désintégration électronique (création e), d'autant plus fausses qu'on s'intéresse à des

(²) *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 431.
(³) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 51.

niveaux de plus grand nombre quantique principal. Nous avons proposé de les remplacer, quand l'approximation non relativiste est suffisante, par les fonctions de Hartree dont la forme numérique n'est pas ici un inconvénient ([4]). Elles ont été utilisées pour la capture d'électrons dans le cas du beryllium ([5]). Hartree a donné pour l'argon des fonctions d'ondes calculées avec le champ self-consistent de Fock-Hartree avec échange ([6]). Les effets de relativité étant négligeables nous pouvons utiliser ces fonctions dans le cas présent, et l'on a

$$\rho = \left(\frac{R_{L_1}^{\text{Hartree}}(0)}{R_K^{\text{Hartree}}(0)}\right)^2 = 8,1\,\%,$$

valeur qui entre, cette fois, parfaitement dans le cadre des estimations expérimentales. Si ces dernières se confirment, il semble qu'il y ait là une vérification intéressante de la validité des fonctions de Hartree au voisinage du noyau.

ÉLECTRICITÉ. — *Effets irréversibles des gaz sur la conductibilité électrique des couches métalliques très minces.* Note (*) de M. **Nicolas Mostovetch**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons déjà décrit les effets réversibles de l'adsorption de gaz sur la conductibilité électrique des dépôts métalliques minces ([1]). La présente publication concerne les variations irréversibles de la résistance des dépôts non recuits, sous l'action de gaz à pression supérieure à 10^{-4} mm Hg. Ces dépôts ont été faits dans un très bon vide sur des supports maintenus à température ambiante.

1° *Les dépôts métalliques, non recuits, exposés aux pressions supérieures à* 10^{-4} mm Hg, *de différents gaz (air,* N_2, O_2, H_2, CO_2 *et* He), *présentent une variation irréversible de résistance, en général une diminution qui est souvent de l'ordre de quelques puissances de* 10. La superposition des deux phénomènes de l'absorption réversible ([1]) des gaz par le dépôt et du changement dans l'arrangement des atomes (structure) sous l'action des gaz donne des courbes en cascades représentées sur les figures. On provoque cette transformation encore plus facilement par plusieurs entrées de gaz et repompages. Dans le cas des dépôts refroidis à basse température et exposés à une pression gazeuse, la résistance diminue encore plus nettement. *Dans toutes ces transformations, le*

([4]) M. Jean, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2064; *Théorie de la création e; Cycle de conférences sur Interactions entre le cortège et le noyau*, sous la direction de L. de Broglie (sous presse), 1949.

([5]) P. Benoist, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 309.

([6]) D. R. et W. Hartree, *Proc. Roy. Soc.*, 166, 1938, p. 450.

(*) Séance du 8 juin 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1702-1704.

coefficient de température, au début négatif, diminue en valeur absolue et devient voisin de zéro ou même positif.

La figure 1 se rapporte à un dépôt de Mo qui a été soumis d'abord à une pression de 10^{-2} mm Hg de H_2, puis repompé à 10^{-7} mm Hg et ensuite exposé à une pression de 10^{-3} mm Hg de O_2. La résistance du dépôt et son coefficient

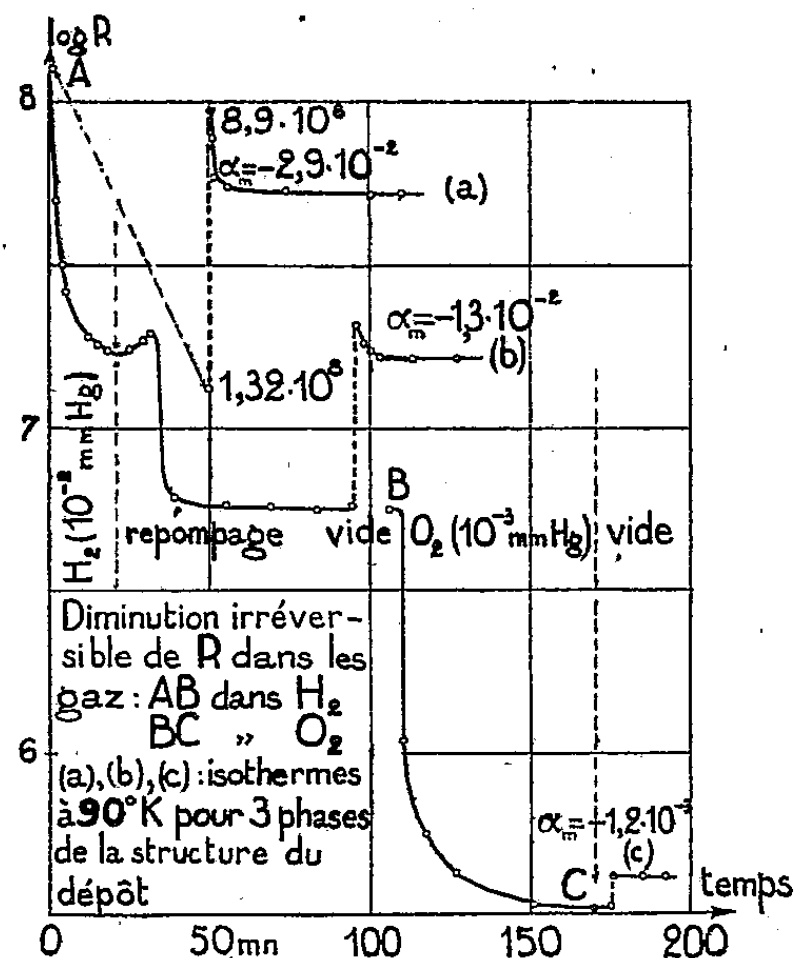


Fig. 1.

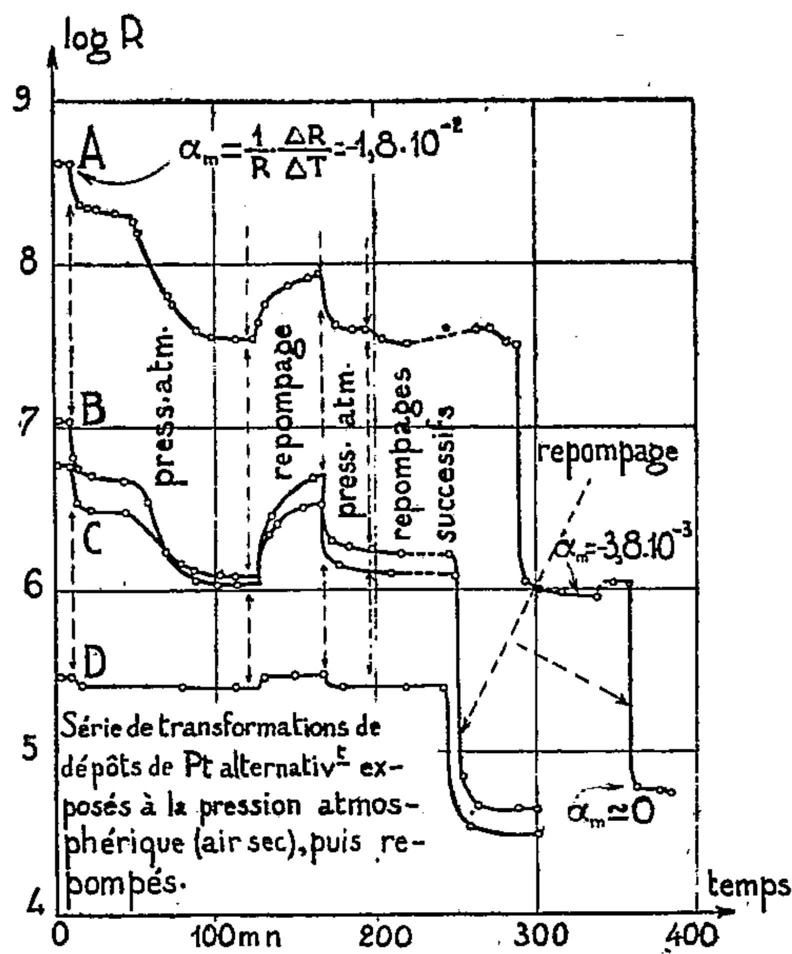


Fig. 2.

de température partent respectivement de $1,3.10^8\ \Omega$ et $-2,9.10^{-2}$ pour atteindre $3,3.10^3\ \Omega$ et $-1,2.10^{-3}$. Le pouvoir adsorbant de ce dépôt représenté par la diminution de R à la température de O_2 liquide (courbes *a*, *b*, *c*) diminue aussi pour devenir finalement négligeable.

Une autre série d'expériences est représentée par la figure 2; dans une ampoule nous avons disposé géométriquement de la même façon quatre supports semblables autour d'un filament d'évaporation. La même masse de Pt déposée sur chaque support nous a donné quatre valeurs différentes pour la résistance (distribution différente des atomes évaporés), valeurs qui se sont retrouvées presque égales après les transformations indiquées.

2° *Dans un très bon vide* (*environ* 10^{-7} mm Hg) *les dépôts frais refroidis à la température de l'air liquide et réchauffés à la température ambiante présentent une augmentation de leur résistance bien supérieure à celle obtenue par évolution spontanée à température ordinaire.* A ce phénomène se superpose, bien entendu, l'absorption réversible déjà signalée. Nous avons trouvé une variation irréversible de R pour tous les métaux étudiés et pour une atmosphère résiduelle dans l'ampoule sans O_2 et nous estimons que l'adsorption des gaz à basse température et la libération de ces gaz par échauffement à température ambiante changent

la structure des dépôts dans les parties les plus actives. Par vieillissement des dépôts ou refroidissements répétés, le phénomène disparaît et l'on ne trouve plus que la variation réversible.

Il est certain que les changements irréversibles de la résistance sont provoqués en premier lieu par une modification de la structure des dépôts, elle-même provoquée par les gaz qui communiquent aux dépôts durant les opérations décrites assez d'énergie pour détruire la structure initiale très fragile. Nous avons pu réaliser les mêmes transformations par un léger bombardement électronique des dépôts. Pour les dépôts d'or le phénomène de brusque diminution de la résistance se produit même pendant l'évaporation (apport d'énergie par les atomes de la vapeur).

Les phénomènes du 1° et du 2° sont intenses pour Au et Pt, moins forts pour Mo, et presque négligeables pour Ta et W; ces résultats suggèrent que ces couches minces sont d'autant plus proches d'une distribution uniforme d'atomes isolés que la mobilité de ces atomes est moins prononcée et que l'absorption n'intervient que lorsqu'il existe des agrégats polyatomiques.

HAUTES FRÉQUENCES. — *Observation de la résonance magnétique nucléaire sur un récepteur à super-réaction.* Note (*) de MM. **Pierre Grivet** et **Michel Soutif**, présentée par M. Jean Cabannes.

La possibilité d'observer la résonance magnétique nucléaire grâce à un récepteur à super-réaction a été signalée d'abord par A. Roberts ([1]) en 1947 et a été utilisée depuis, dans quelques travaux ([2]) ([3]). Nos expériences ont permis de préciser qu'il s'agit d'une méthode d'*induction nucléaire* dont la théorie peut être dérivée de celle de F. Bloch ([4]), en tenant compte du mécanisme particulier de la super-réaction.

Dispositif expérimental. — *a. Le récepteur à super-réaction* : le tube oscillateur est une penthode gland du type 954, montée en oscillateur Colpitts pour réduire à deux les connexions avec la bobine oscillatrice (diamètre 9^{mm}, 10 tours de fil au pas de 1^{mm}, coefficient de qualité 140). Le découpage de l'oscillation à basse fréquence est obtenu, soit par la relaxation propre du système, soit par un générateur basse fréquence extérieur, couplé à la grille de la 954; l'amplitude des oscillations est réglée par l'effet de la tension écran du tube, ce qui donne un accrochage très doux, favorable à l'obtention d'un bon rapport signal-bruit de fond.

(*) Séance du 30 mai 1949.

([1]) *Rev. Scient. Instr.*, 18, 1947, p. 845.

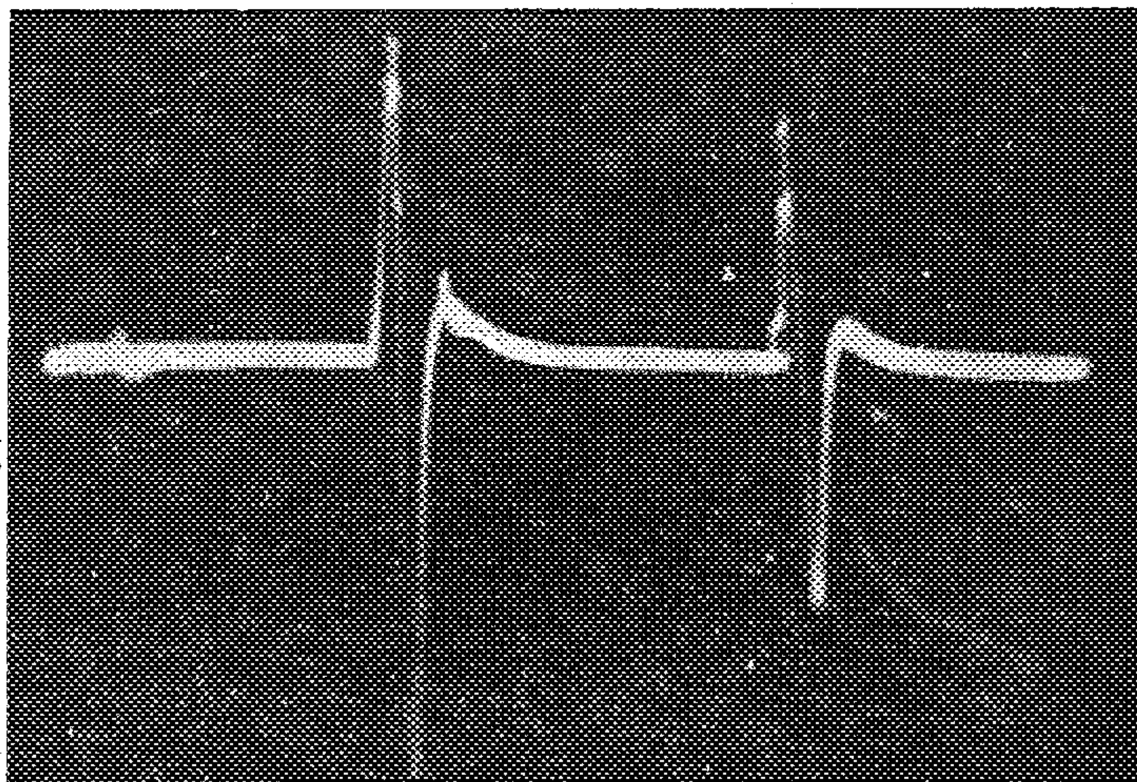
([2]) Zimmerman et Williams, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 94.

([3]) Zimmerman et Williams, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1885.

([4]) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 460.

La 954 est suivie d'un étage détecteur et d'un tube basse fréquence qui permet de pointer au casque la résonance. Mais pour une étude précise, la bobine oscillatrice est très faiblement couplée sous son blindage à une petite antenne qui, par l'intermédiaire d'un câble coaxial attaque un récepteur commercial suivi d'un oscillographe. Le montage est très soigneusement blindé.

b. L'électro-aimant a des pièces polaires de 15^{cm} de diamètre et peut fournir 15000 gauss avec l'entrefer de 4^{cm} utilisé dans toutes ces expériences. Les pièces polaires sont munies d'anneaux de compensation qui, conformément au calcul de Rose (5), permettent d'améliorer l'uniformité du champ polaire dans l'entrefer. Le parallélisme des faces est assuré avec un écart maximum de 1/100 de millimètre pour deux points pris aux extrémités opposées d'un diamètre. Au niveau de la bobine (dimension 10^{mm} environ) le défaut de parallélisme est ainsi d'environ : 1/50000 en valeur relative.



Le courant d'alimentation qui est de 20 ampères pour atteindre 4700 gauss, est fourni par une grosse batterie d'accumulateurs (80 volts, 500 AH). Environ 50 volts sont perdus dans les rhéostats de réglage, tandis qu'une batterie de 30 volts, de faible résistance interne tamponne l'électro-aimant. L'usage de cette batterie donne un gain de stabilité d'au moins 10. La constance du courant est vérifiée galvanométriquement par la méthode d'opposition. Dans ces conditions, le champ a été trouvé stable à environ 1/10 gauss pendant plusieurs heures, autour de la valeur 10000 gauss, soit 10^{-5} près.

Enfin, quelques tours de bandes de cuivre bobinées autour des pièces polaires et alimentées par un courant alternatif de 50 périodes, permettent de moduler avec une profondeur de quelques gauss le champ continu.

(5) Rose, *Phys. Rev.*, 53, 1938, p. 715.

Résultats. — Le seul noyau étudié jusqu'ici a été le proton, à des fréquences comprises entre 20 et 30 Mc sur les liquides suivants : H_2O pure, solutions paramagnétiques de concentration variée (figure : solution normale de $(NO_3)^3Fe$ à 30 Mc) et les solides $ClNH_4$, FNH_4. Les résultats ont bien confirmé la théorie sur la largeur des raies des solides et des liquides (6). En employant l'eau pure dont la raie présente une largeur naturelle négligeable, nous avons mesuré l'effet de l'inhomogénéité du champ, ce qui donne 1/50 000 en conformité avec les prévisions basées sur la mesure de l'entrefer.

Avec l'eau, le choix de la fréquence de découpage est indifférent entre 1000 et 20 000 cycles/sec.

Nous avons essayé la forme optima de l'onde de découpage donnée par la théorie radioélectrique ordinaire (7) (8), pour douer la super-réaction de la meilleure sensibilité; mais nous avons observé qu'elle était moins favorable dans le cas de la résonance magnétique : il faut en effet que la forme de l'oscillation de découpage permette à la bobine de vibrer avec suffisamment d'intensité en fin de cycle pour entretenir le mouvement des noyaux; le mode *linéaire* de la super-réaction n'est pas ici le plus sensible.

Nous avons fait varier également l'angle de l'axe de la bobine haute fréquence avec le champ continu et vérifié que l'imprécision du calage était de peu d'importance entre 90° et 60°, mais qu'au delà de 45° le signal s'annule rapidement (la figure de l'article de Roberts qui représente une bobine dont l'axe est couché sur le champ est donc inexacte).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Emploi des rayons marginaux dans l'étude des dissymétries chez les lentilles électrostatiques.* Note (*) de MM. François Bertein et Édouard Regenstreif, présentée par M. Jean Cabannes.

Soit une lentille électrostatique de microscope électronique traversée par un faisceau de rayons issus d'un point de son axe Oz. Si la tension V de l'électrode centrale L est voisine de celle de la cathode source, ou plus négative qu'elle, les trajets des rayons présentent l'allure indiquée par la figure 1; à mesure que l'on s'éloigne de l'axe, on observe d'abord les rayons *usuels* compris entre AA′ et BB′, rayons assurant la formation d'images sur l'écran E (les plus extrêmes sont à éliminer si l'on veut éviter les aberrations correspondantes). On observe ensuite entre BB′ et CC′ des rayons dont le point d'impact sur E se déplace en sens inverse du cas normal lorsqu'on passe de B à C; leur

(6) Bloembergen, Purcell et Pound, *Phys. Rev.*, 73, 1946, p. 679.
(7) Bradley, *Electronics*, 21, 1948, p. 96.
(8) Hazeltine, Richman et Loughlin, *Electronics*, 21, 1948, p. 99.

(*) Séance du 30 mai 1949.

parcours à l'intérieur de la lentille est plus sinueux. La théorie (¹) fait prévoir enfin que les incidents plus écartés encore de l'axe présenteront davantage d'oscillations. En fait, ces derniers n'existent que dans une zone trop étroite pour être aisément observables, mais il est possible de mettre en évidence expérimentalement l'existence des rayons compris entre BB′ et CC′ [(zone hachurée sur la figure) (*voir* aussi (²)]; ils sont responsables des aspects lumineux offerts par les clichés ci-joints (après agrandissement convenable), et dont nous allons donner une justification élémentaire.

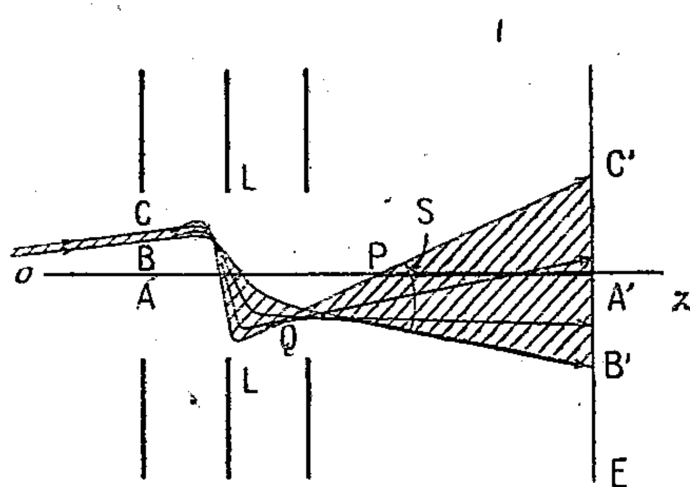


Fig. 1.

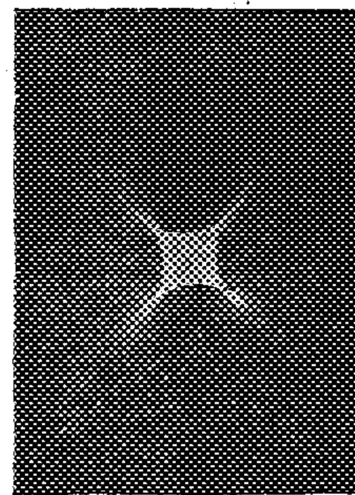


Fig. 2.

Les deux nappes de la caustique correspondant à BB′CC′ sont constituées par :

1° une portion de l'axe A′P;

2° une surface de révolution de méridienne B′Q.

Ce sont les intersections de ces deux nappes par le plan E qui s'y manifestent par une accumulation de *lumière* se superposant aux effets optiques (images etc.) dus aux rayons usuels AA′BB′; la surface d'onde correspondante S est de révolution.

En fait, les rayons envisagés passent assez près de L et avec une vitesse réduite de sorte que l'on doit s'attendre à ce qu'ils soient très sensibles à l'action des composantes de champ dues aux légères dissymétries de L.

Supposons tout d'abord que le champ présente un défaut de symétrie caractérisé par une variation en $\cos m\theta$ autour de Oz; cette symétrie d'ordre m se reporte sur la surface d'onde S dont l'équation prend ainsi la forme

$$z = F(r) + f_m(r)\cos m(\theta - \theta_0),$$

ou simplement en remplaçant $f_m(r)$ par une constante, car la région envisagée

(¹) Busch et Brüche, *Beiträge zur Elektronenoptik*, Leipzig, 1937.

(²) G. Möllenstedt et F. Heise, *Physikalische Blätter*, 2, 1949, p. 82-83.

est suffisamment étroite :

$$z = F(r) + a_m \cos m(\theta - \theta_0).$$

Un raisonnement géométrique simple montre alors que les traces dans le plan E des familles de rayons s'appuyant sur une méridienne de S sont des droites D dont l'enveloppe H est une hypocycloïde centrée sur Oz : H est maintenant la trace sur E de la nappe centrale de la caustique, mise en évidence par une accumulation de lumière, trace confondue avec A′ dans le cas de symétrie de révolution (la nappe externe de la caustique étant en dehors des limites des clichés).

Si $m = 1$, H se réduit à un point comme dans le cas de révolution parfaite. Si $m = 2$, H présente quatre rebroussements; la figure 2 représente ce cas et met bien en évidence l'importance optique prépondérante des défauts d'ordre 2 chez les lentilles (ellipticité); les chances de les manifester ainsi à *l'état pur* sont en principe d'autant plus grandes que la zone BB′ CC′ reste plus loin de L (tension V de L assez négative); ces rayons sont alors pratiquement hors de la zone d'action des autres défauts ([3]). Si $m = 3$, H a trois rebroussements.

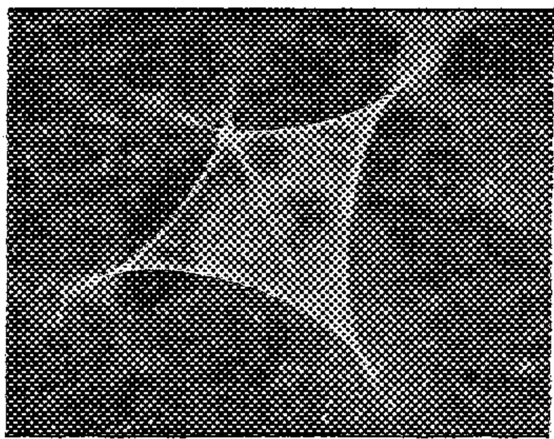


Fig. 3.

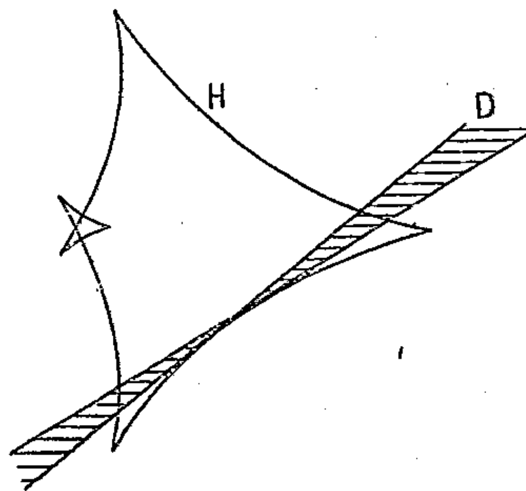


Fig. 4.

Dans le cas général, on observera la superposition d'effets d'ordre m d'autant plus nombreux que les rayons passent plus près de L : H est une courbe plus ou moins complexe présentant des points de rebroussements. La figure 3 représente des effets superposés d'ordre 2 et 3 ainsi qu'en témoigne la reconstitution mathématique (*fig.* 4), obtenue en prenant une contribution d'ordre 3 deux fois plus faible que celle d'ordre 2. Il est naturel de penser que l'examen de H en fonction de V est susceptible de fournir ainsi un procédé très sensible d'étude des défauts de symétrie des lentilles, étude dont l'intérêt est évident lorsqu'on recherche le pouvoir séparateur optimum de l'instrument.

([3]) F. Bertein, *Annales de Radioélectricité*, 2, 1947, p. 379-408.

SPECTROSCOPIE. — *Observation du spectre de l'hydrogène dans le proche infrarouge à l'aide d'un oculaire électronique.* Note de MM. **Georges Déjardin** et **René Falcon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le dispositif utilisé, décrit sommairement dans une Note antérieure ([1]), est constitué par un convertisseur d'images du type le plus simple associé à un spectrographe à deux prismes dispersant le rayonnement de la région 7500-12000 Å sur une longueur d'environ 22^{mm}. La réplique visible du spectre infrarouge, apparaissant en vert sur l'écran luminescent, a été photographiée et ainsi agrandie dans un rapport voisin de 2,5. Nous avons examiné de cette manière le rayonnement de tubes à décharge parcourus par un courant lent et régulier d'hydrogène électrolytique commercial. Le contrôle de la circulation du gaz permettait de maintenir la pression à peu près constante au cours d'une pose de quelques heures.

En premier lieu, nous avons eu recours à la décharge alternative traversant, soit une lampe ordinaire de Chalonge et Lambrey, soit une lampe du grand modèle décrit par S. Vencov ([2]) et modifié par l'un d'entre nous ([3]). Celle-ci comporte un tube axial de silice fondue (diamètre, 7^{mm}; longueur, 70^{cm}) refroidi énergiquement; elle est alimentée par un transformateur 5000 V/220 V de 25 kVA, dans le circuit primaire duquel on introduit une self-inductance variable. L'intensité de la décharge était réglée à 200 mA pour le tube de Chalonge et à 625 mA (intensité du courant primaire, 18 A) pour la lampe de grande puissance. On observe dans ces conditions, sans fond continu appréciable, le *spectre moléculaire* de l'hydrogène, dont l'intensité croît lorsque la pression s'abaisse de 3^{mm} à un peu moins de 1^{mm} de mercure.

Entre 7400 et 10140 Å, nous avons relevé sur les clichés une cinquantaine de radiations assez bien définies correspondant exactement aux raies ou groupes de raies relativement intenses figurant dans les tables de H. G. Gale, G. S. Monk et K. O. Lee ([4]) et de A. H. Poetker ([5]). Les radiations les plus fortes sont voisines de 7460, 7530, 7597, 7652, 7690, 8273, 8350, 8520-8545, 8665, 8795, 8890 et 9160 Å. L'affaiblissement général du spectre secondaire dans la région des grandes longueurs d'onde, au delà de 9200 Å, ne semble pas résulter uniquement de la chute de sensibilité du récepteur. Les impuretés présentes se manifestent par des radiations supplémentaires d'intensité variable

---

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1417-1419.
([2]) *Revue d'Optique*, 14, 1935, p. 372-374.
([3]) *Journ. de Phys.*, S. VII, 9, 1938, p. 113 S.
([4]) *Astroph. Journ.*, 67, 1928, p. 89-113.
([5]) *Phys. Rev.*, 30, 1927, p. 418-428.

parmi lesquelles on identifie aisément les trois raies OI (multiplets non résolus) voisines de 7773, 8446 et 9265 Å, qui sont généralement assez intenses pour servir de repères. Cette analyse met en évidence, compte tenu de la faible dipersion, l'excellente définition obtenue avec l'oculaire électronique.

L'introduction d'un condensateur (0,2 μF) en parallèle avec la lampe, dont le circuit comporte alors un éclateur réglable, entraîne, aux pressions les plus élevées (3 à 4^{mm}), l'affaiblissement *considérable* du spectre secondaire et, en général, l'exaltation des radiations étrangères qui comprennent vraisemblablement, en dehors de celles qui viennent d'être mentionnées, d'autres raies OI et des raies NI et CI. De plus, lorsque la puissance mise en jeu est suffisante (lampe de grandes dimensions, éclateur réglé à l'écartement maximum compatible avec le passage de la décharge, intensité du courant primaire : 25 A), la *série de Paschen* de l'atome d'hydrogène apparaît sur les spectrogrammes. La raie P_γ (10938 Å), située dans une région où la sensibilité est médiocre, est enregistrée assez faiblement. Mais les raies P_δ (10049 Å) et P_ε (9546 Å) sont intenses et élargies. La raie P_ζ (9229 Å), dont la présence ne semble pas douteuse, est partiellement masquée par le triplet OI voisin (9265 Å). On observe, en outre, dans toute la région la plus réfrangible, un *spectre continu* s'étendant jusqu'au voisinage des dernières raies atomiques observables (P_ζ ou P_ε). Les raies P_γ, P_δ et P_ε, très élargies, et le spectre continu, sont particulièrement intenses sur un spectrogramme correspondant à un courant d'hydrogène saturé de vapeur d'eau et à une pression voisine de 4^{mm}. Dans ces conditions, les trois principales raies OI et d'autres raies beaucoup plus faibles dues aux impuretés, se détachent seules sur le spectre continu, à l'exclusion de de toute raie du spectre secondaire. Il s'agit évidemment du spectre continu lié à la série de Paschen, déjà observé par D. Chalonge [6] jusqu'à 9000 Å environ. On sait que l'extension de ce spectre vers les grandes longueurs d'onde, au delà de la limite de la série (8204 Å) doit être attribuée, ainsi que l'élargissement des raies, à l'intervention du champ interatomique.

Les raies P_γ, P_δ et P_ε se manifestent aussi, avec la lampe de grande puissance, dans les spectres de la décharge non condensée et de la décharge condensée à faible pression (1^{mm}). Mais elles sont alors plus faibles et plus fines, bien que l'intensité et l'aspect des deux dernières puissent être influencés par des groupes de raies moléculaires signalés par Poetker vers 10050 et 9560 Å. Sur nos clichés, l'intensité anormale et la légère dissymétrie de la radiation identifiée avec P_ε s'expliquent par la présence de plusieurs raies de longueur d'onde un peu plus grande.

([6]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1933.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence d'une couche mince adsorbée sur l'énergie d'adhésion solide-liquide*. Note (*) de MM. **René Bernard** et **Jean Hirtz**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'évolution avec le temps de l'angle d'équilibre solide-liquide n'a guère retenu l'attention des expérimentateurs ([1]), ([2]), ([3]), ([4]).

Dans le but de combler cette lacune, nous avons recherché des systèmes à évolution lente. Le liquide choisi (phosphate de tricrésyl) possède une tension de vapeur très faible (2.10^{-7} à 25°), si bien que les mesures peuvent être poursuivies pendant des semaines sur une même goutte.

Les échantillons sont placés dans une cellule d'observation étanche où règne une atmosphère contrôlée (azote, air sec, etc.). A l'intérieur de la cellule des gouttes du liquide sont déposées lentement grâce à un capillaire. Elle ont un diamètre inférieur au 1/10 de millimètre. Un micromètre oculaire à vis permet de déterminer avec précision leur hauteur et le diamètre de leur base. On en déduit l'angle de raccordement.

L'angle de raccordement décroît d'abord vite, puis lentement, jusqu'à atteindre une valeur stable. Cette évolution dont l'amplitude est comprise entre quelques degrés et plusieurs dizaines de degrés, peut se prolonger pendant des semaines.

Tableau I.

Temps écoulé après dépôt de la goutte.	Angles mesurés sur		
	Spath.	Cuivre.	Quartz.
3 minutes	58° 50′	37° 25′	38° 0′
1 jour	28 25	31 45	31 50
2 jours	27 30	30 35	30 25
3 »	26 55	29 25	–
6 »	26 20	27 15	27 45
10 »	–	–	26 10
13 »	–	–	25 45
14 »	25 45	24 0	–
15 »	–	–	25 15
20 »	–	23 35	25 05

La désorption progressive d'un film recouvrant initialement la surface du solide permet d'interpréter la décroissance avec le temps de l'angle de raccordement et l'augmentation d'énergie d'adhésion qu'elle traduit.

(*) Séance du 16 mai 1949.

([1]) E. Kneen et W. W. Benton, *J. Phys. Chem.*, 41, 1937, p. 1195 à 1203.

([2]) F. E. Bartell et P. H. Cardwell, *J. Am. Chem. Soc.*, 64, fasc. 2, 1942, p. 1530.

([3]) F. E. Bartell et P. H. Cardwell, *J. Am. Chem. Soc.*, 64, fasc. 2, 1642, p. 1641.

([4]) F. E. Bartell et Ev. Merill, *J. Phys. Chem.*, 36, 1932, p. 1178.

Pour illustrer ce mécanisme, nous avons procédé aux expériences suivantes :

a. La surface solide est soumise à des traitements tendant à éliminer progressivement la couche adsorbée initiale (essentiellement constituée par de l'eau) : séchage en présence de P_2O_5 ; séchage sous vide en présence de P_2O_5 ; étuvage sous vide à 550°.

Ces traitements ont pour conséquence immédiate : une augmentation de l'énergie d'adhésion ; une réduction de l'amplitude de l'évolution ultérieure. Dans le dernier essai où la surface a été pratiquement débarrassée de toute contamination, l'angle obtenu n'évolue plus et présente la valeur minima (adhésion maxima).

b. En maintenant sous vide élevé un échantillon en présence de phosphate de tricrésyle, il a été possible de déposer à sa surface un film d'épaisseur croissante et de constater ainsi : que l'énergie d'adhésion décroît lorsque l'épaisseur du film de phosphate de tricrésyle augmente ; que toute évolution disparaît dès que la couche adsorbée a atteint une certaine épaisseur.

c. Un échantillon de quartz préalablement lavé à l'eau distillée et séché modérément conserve à sa surface un film d'eau adsorbée. En le plaçant dans le vide en présence de phosphate de tricrésyle, on provoque une substitution progressive de l'eau par les molécules de phosphate de tricrésyle.

TABLEAU II.

Temps écoulé après le dépôt de la goutte.	Quartz séché sur $CaCl_2$.	Quartz saturé sous vide à 100° C.
3 minutes	33° 25'	26° 35'
1 jour	27 0	26 15
2 jours	26 25	–
3 »	–	26 15
4 »	24 50	26 10
5 »	–	26 20
11 »	23 20	26 25
18 »	22 40	–
23 »	21 0	–

Avec le quartz saturé sous vide à 100°, l'angle est devenu parfaitement stable, mais reste supérieur à la valeur limite obtenue sur un quartz préalablement étuvé à 550°, ce qui démontrerait que la couche adsorbée, bien qu'elle soit en équilibre avec la goutte contient encore des molécules d'eau qui réduisent l'énergie d'adhésion.

Ces quelques exemples démontrent que l'angle de raccordement entre une goutte et la surface sous-jacente dépend essentiellement de la composition instantanée d'une couche mince adsorbée à la surface du solide. L'évolution avec le temps de l'angle de raccordement est une conséquence directe d'un échange moléculaire entre la goutte et le film adsorbé.

Lorsque l'équilibre est atteint, l'angle de raccordement reste stable, mais il traduit alors l'énergie d'adhésion entre le liquide et le film adsorbé et ne représente en rien l'énergie d'adhésion liquide-solide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre infrarouge de certains amides deuterés sur l'azote.* Note (*) de M. **Henri Lenormant**, présentée par M. Pierre Jolibois.

La substitution plus ou moins complète de l'hydrogène d'un produit organique par du deuterium, apporte au spectre I. R. de celui-ci d'importantes modifications qui aident à l'interprétation des bandes observées. En effet toutes les vibrations qui intéressent les atomes légers ainsi substitués subissent un déplacement voisin de $1/\sqrt{2}$, plus exactement $1/1,33$.

Il est facile de remplacer certains hydrogènes des amides par l'isotope lourd; ces corps ont des hydrogènes actifs qui s'échangent par simple dissolution dans l'eau lourde. Il s'agit en principe des hydrogènes fixés à l'azote.

Nous avons étudié comparativement les produits suivants dont voici les bandes en microns.

Acétamide. — **2,984** FF; **3,132** FF; 3,40 f; 3,47 f; **6,00** FF; **6,10** F; 6,80 m; 7,10 aF; **8,63** M; 9,50 m; 9,90 m.

Acétamide lourd. — 3,40 m; 3,47 m; **3,95** F; **4,13** F; **6,10** FF; **6,20** F; 7,05 aF; 7,20 m; 9,50 m; **9,60** M; 9,80 m.

N-éthylacétamide. — **3,024** F; **3,22** aF; 3,352 F; 3,393 aF; 3,466 aF; **6,00** FF; **6,37** FF; 6,80 M; 7,20 M; 7,62-7,90 aF; 8,63 M; 8,88 f; 9,23 f; 9,56 m; 9,89 M; 10,60 M; 11,20 f.

N-éthylacétamide lourd. — 3,352 aF; 3,398 aF; 3,466 M; **4,03** F; **4,15** aF; **6,00** FF; **6,70** FF; 6,80 M; 7,20 M; 7,62 aF; 8,77 m; 9,56 m; **9,70** aF; 9,89 M; 10,60 m; 11,32 f.

N-éthylbenzamide. — **3,00** F; **3,245** aF; 3,34 aF; 3,38 aF; 3,45 M; **6,00** m; **6,37** FF; 6,65 m; 6,90 m; 7,30 m; 7,57 FF; 7,90 F; 8,25 m; 8,65 F; 9,20 M; 9,56 m; 10,00 f; 10,20 f; 10,70 m; 11,08 f; 11,45 F.

N-éthylbenzamide lourd. — 3,24 m; 3,34 aF; 3,38 aF; 3,45 M; **4,00** F; **4,12** aF; **6,00** m; 6,65 m; **6,85** FF; 7,25 M; 7,60 aF; 8,26 m; 8,65 M; 9,15 m; 9,56 m; **10,10** M; 10,70 f; 11,45 F.

Caprolactame. — **3,024** f; **3,12** F; **3,244** aF; 3,358 aF; 3,457 M; 6,00 FF; 6,81-6,94 aF; 7,30 m; 7,46 m; 7,90 M; 8,26 M; 8,82 M; 9,21 m; 10,10 M; 10,40 m; 11,45 f.

Caprolactame (deutérée à 40 % environ). — **3,024** f; **3,12** M; **3,244** M; 3,398 F; 3,48 aF; **4,04** aF; **4,12** aF; 6,00 FF; 6,87 M; 7,30 m; 7,50 f; 7,90-8,00 M; 8,3-8,4 M; 8,85 m; 9,10 M; 9,56 f; **10,00** M; 10,20 M; 10,40 m; 11,20 M.

Dans l'ensemble la deuteration sur l'azote apporte les perturbations suivantes :

1° *Dans tous les cas* les bandes situées entre $2^{\mu},9$ et $3^{\mu},25$ disparaissent et sont

(*) Séance du 8 juin 1949.

remplacées par deux bandes vers $4^{\mu},00$ et $4^{\mu},12$. En fréquence le déplacement est voisin de 1/1,33.

2° *Dans le cas des amides non substitués* (acétamide). — Il n'y a pas de changements importants dans la région de $6^{\mu},00$, seulement un léger décalage vers les grandes longueurs d'onde. Il n'apparaît pas de bandes nouvelles vers $8^{\mu},60$, ce qui indique qu'aucune des composantes observées vers $6^{\mu},00$ n'est due à $\delta(NH_2)$.

Une nouvelle bande survient à $9^{\mu},60$ qui va de pair avec la disparition de la bande $8^{\mu},63$.

3° *Dans le cas des amides monosubstitués.* — La bande $6^{\mu},40$ est déplacée jusqu'à 6,70-6,85. Le déplacement est trop faible (1/1,05) pour que la bande soit attribuée à $\delta(NH)$.

Il apparaît en outre, comme dans le cas de l'acétamide, une bande nouvelle entre 9,60 et $10^{\mu},10$, trop éloignée pour que l'on puisse l'identifier avec un $\delta(ND)$, la fréquence normale $\delta(NH)$ étant à $1560^{cm^{-1}}$ ($6^{\mu},40$). Le rapport de fréquence est 1/1,55. Il faut noter d'ailleurs que cette bande existe également dans le cas de la caprolactame lourde dont l'homologue hydrogéné n'a pas de bande à $6^{\mu},40$.

Il n'est pas possible de donner actuellement une interprétation satisfaisante de la bande en question.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Contribution à l'étude des réactions à ordre double.*

Note de Mlle **Marie-Louise Josien**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours d'une étude cinétique de la décomposition de l'acétaldéhyde, M. M. Letort a été amené à distinguer deux ordres de réaction : l'ordre en fonction du temps n et l'ordre en fonction des conditions initiales n_o (1). Nous avons appliqué récemment la méthode graphique de M. Letort à l'étude de la décomposition de l'acide hypoiodeux dans les solutions argentiques d'iode, dans le cas de l'acétate (2) et dans le cas du sulfate d'argent (3). Nous avons pu montrer que pour des mélanges de composition $\alpha I_2 + \beta RAg$, R radical acide, cette réaction présentait, elle ausi, un ordre double $n_o = 3$, $n = 2$. Par contre, pour des mélanges suffisamment acidulés $\alpha I_2 + \beta RAg + \gamma RH$, la réaction de décomposition de l'acide hypoiodeux est à ordre unique.

Dans son essai d'interprétation de l'existence d'un ordre double, M. Letort, dans le cas de l'acétaldéhyde, a été conduit à émettre l'hypothèse que les produits finaux de la réaction, à savoir CH_4 et CO modifiaient la vitesse de la

(1) Letort, *Journ. Chim. phys.*, 34, 1937, p. 206.

(2) Josien, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 1948, 15, p. 301; *ibid.*, p. 493; *ibid.*, 814; 5e série, 16, 1949 (sous presse).

(3) Josien et Williams, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 16, 1949 (sous presse).

réaction. L'étude de mélanges artificiels d'acétaldéhyde et de produits de décomposition lui permettait de conclure : « avec l'approximation à laquelle nous sommes limités dans l'état actuel des choses, l'étude quantitative de ce phénomène fournit une explication satisfaisante de l'ordre double que nous avons constaté pour cette réaction » ([4]).

Dans le cas de la décomposition de l'acide hypoiodeux, nous nous étions bornée jusqu'à maintenant à émettre l'hypothèse d'une influence de l'acidification progressive provenant de l'apparition d'acide iodique, acide fort, dans le milieu. Nos premiers travaux avaient été effectués à un moment où nous ne disposions pas d'électrodes de verre pour la mesure du pH. Cette circonstance, jointe aux propriétés oxydantes et à l'instabilité de nos mélanges nous avaient obligée à ajourner l'étude de cet aspect du problème. Nous venons d'entreprendre cette étude dont les détails paraîtront ailleurs. Les résultats déjà acquis sont les suivants :

1° *Les solutions argentiques d'iode franchement acides, à ordre unique* $n_0 = n = 2$ *sont des solutions dont le* pH *est stable.* Par exemple, les deux mélanges $[0,00071\,I_2 + 0,00019\,CH_3COOAg + 0,60\,CH_3COOH]$ et $[0,00076\,I_2 + 0,00020\,CH_3COOAg + 0,32\,CH_3COOH]$ correspondent respectivement aux valeurs 2,55 et 2,7 du pH.

2° *Les mélanges à ordre double* $n_0 = 3$, $n = 2$ *pour lesquels* $\gamma = 0$ *présentent au contraire un* pH *décroissant.* Par exemple, les deux mélanges $[0,00082\,I_2 + 0,00215\,CH_3COOAg]$ et $[0,00081\,I_2 + 0,00104\,SO_4Ag_2]$ ont varié en 15 minutes pour le premier de pH 4,8 à pH 4,55 et pour le second de pH 3,3 à pH 3,05.

3° *Si l'on maintient artificiellement fixe le* pH *par addition d'un mélange tampon à la solution étudiée, par exemple acétate de sodium et acide acétique, on observe de nouveau uue réaction à ordre unique; pour un* pH *convenable l'ordre unique est* 3. C'est celui que nous avons trouvé en particulier en bloquant à pH 4,8, une série de courbes $\alpha I_2 + \beta CH_3COOAg$ tamponnées par un mélange d'acide acétique et d'acétate de sodium.

Conclusions. — Ces résultats expérimentaux confirment l'intérêt de la notion d'ordre double. En effet, dans notre cas particulier, malgré un ordre en fonction du temps constant quelle que soit la valeur de γ, nous avions pu trouver que le mécanisme de la réaction était cependant différent en milieu franchement acide pour lequel $n = n_0 = 2$ et en milieu voisin de la neutralité $n_0 = 3$, $n = 2$.

Ils confirment aussi le bien-fondé de l'hypothèse de M. Letort : ce sont bien les produits de la réaction qui provoquent l'apparition d'un ordre en fonction du temps distinct de l'ordre à l'origine.

([4]) Letort, *Journ. Chim. phys.*, 34, 1937, p. 319.

Enfin, dans le cas de la décomposition de l'acide hypoiodeux, la notion d'ordre à l'origine se trouve expérimentalement confirmée puisque la valeur de l'ordre à l'origine peut être maintenue tout le long de la réaction par simple blocage du pH, annulant ainsi l'influence perturbatrice de l'acide iodique.

Notons enfin qu'il n'est pas toujours possible de corriger expérimentalement l'influence des produits de la réaction; dans ce cas, il n'est d'autre ressource que d'appliquer la méthode des ordres doubles pour étudier la réaction à l'état pur.

PHOTOCHIMIE. — *Transfert d'énergie entre l'azote et le mercure.* Note de M. **André Finkelstein**, présentée par M. Paul Pascal.

On sait qu'une partie de l'azote libéré par décomposition thermique de l'azoture d'argent est de l'azote *actif* qui revient à son état stable en émettant dans l'ultraviolet. On peut déceler et mesurer ce rayonnement à l'aide d'un photocompteur à iodure de cuivre.

L'étude de cette réaction, ainsi que la détermination du spectre de l'émission ont été effectuées par R. Audubert (¹) qui a constaté d'autre part que l'intensité du rayonnement était particulièrement accrue en présence d'atomes de mercure.

En étudiant la cinétique de cette thermolyse, j'ai observé que la vitesse de la réaction n'était pas modifiée par le mercure. Le fait cependant que la présence de cette vapeur augmente considérablement l'émission globale ultraviolette observée (environ le double de l'émission obtenue en l'absence de mercure) permet de supposer qu'un mécanisme de transfert doit intervenir entre l'azote actif et les atomes de mercure. Il était donc intéressant de déterminer le spectre de l'émission en présence de ce métal.

En supprimant la vapeur de mercure par condensation dans des pièges à air liquide, j'ai d'abord retrouvé les bandes d'émission de la molécule d'azote actif, déterminées antérieurement par R. Audubert (¹). Par contre, en présence de mercure, la raie 2537 Å apparaît avec une très grande intensité, supérieure de quatre à cinq fois environ à celle de la plus intense des bandes caractéristiques de l'azote actif (2400 Å). En outre, aucune modification ne se produit, ni dans la répartition, ni dans l'intensité des bandes de l'azote; en fait, les spectres du mercure et de l'azote s'additionnent.

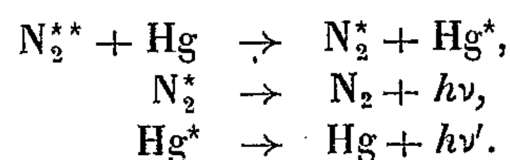
Il n'est pas aisé de préciser le mécanisme d'un tel phénomène. Il est tout d'abord difficile d'invoquer un processus purement chimique entre l'azote actif ou l'azoture d'argent et le mercure, avec formation, par exemple, d'azoture de mercure; s'il en était ainsi, en effet, les atomes de mercure agiraient par rupture des chaînes mises en évidence par ailleurs dans la thermolyse de cette

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 133.

substance ([2]). Dans ces conditions, l'action du mercure ne devrait s'accompagner d'aucune augmentation de l'intensité globale du rayonnement, ce qui est contraire aux faits expérimentaux.

L'hypothèse d'un transfert dans le domaine ultraviolet observé expérimentalement à l'aide du photocompteur à iodure de cuivre (de 1900 à 2700 Å) est également exclue, car elle ne peut pas non plus expliquer l'accroissement de l'intensité du rayonnement.

Mais on sait que les calculs de Victor Henri ([3]) attribuent au groupement N_3 une énergie de 250 k cal, correspondant aux bandes de l'azote comprises entre 900 et 1350 Å. Le transfert s'effectuerait alors entre des molécules d'azote excitées à ces niveaux élevés et des atomes de mercure, selon, par exemple, les schémas suivants :



$$N_2^{**} + Hg \rightarrow N_2^{*} + Hg^{*},$$
$$N_2^{*} \rightarrow N_2 + h\nu,$$
$$Hg^{*} \rightarrow Hg + h\nu'.$$

On voit ainsi que, conformément à ce schéma, une seule molécule d'azote actif peut donner naissance à deux photons tombant dans le domaine ultraviolet observé.

RADIOCHIMIE. — *Radiomicrosynthèse d'isomérie. Cas de l'action du radiobrome sur le benzène et le naphtalène. Relation avec l'indice de valence libre.* Note de M. **Serge May**, Mme **Monique Roux** et MM. **Buu-Hoi** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que sous l'influence de l'effet Szilard d'isomérie toute molécule contenant du radiobrome 80 expulse ce brome, probablement sous forme d'un ion positif accéléré. Celui-ci se comporte comme un réactif bromurant très énergique, au point de réagir sur le tétrabromure de carbone ([1]).

Pour soumettre une substance à ce réactif bromurant, il suffit de mélanger cette substance avec du bromure d'éthyle préparé à l'aide de ce radiobrome. La période du brome de ce bromure d'éthyle est alors de 4 heures 50 minutes, alors que le brome isomère expulsé possède la période 18 minutes. Les substances bromées par ce réactif émettent donc un rayonnement de période 18 minutes, ce qui permet de les doser très aisément.

Nous avons soumis au dit réactif un mélange de benzène et de naphtalène.

Mode opératoire. — On mélange benzène, naphtalène et bromure d'éthyle

---

([2]) R. Audubert, *Trans. Farad. Soc.*, 35, 1939, p. 197.

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 67.

([1]) A ce sujet on pourra voir : P. Daudel, R. Daudel, S. May, R. Muxart et O. Chalvet, *J. de Chimie physique*, 45, 1948, p. 182.

radioactif. Après quelques minutes de contact on élimine le bromure d'éthyle par distillation.

On ajoute les entraîneurs (bromobenzène et bromonaphtalène), puis on sépare les différents constituants du mélange. On mesure ensuite l'activité de chacun des deux produits bromés, préalablement lavés avec le plus grand soin pour éliminer le brome isomère non fixé.

On a utilisé, en fait, un mélange contenant 5^{mol} de benzène pour une de naphtalène. Cependant l'activité spécifique du bromonaphtalène a été trouvée deux fois plus forte que celle du bromobenzène.

Résultat. — Si l'on tient compte du nombre relatif des atomes d'hydrogène portés par le benzène d'une part et le naphtalène de l'autre, on s'aperçoit que les hydrogènes naphtaléniques ont, en moyenne, fixé le brome avec une probabilité P fois plus grande que les hydrogènes benzéniques avec :

$$P = 2 \times 5 \times \frac{6}{8} \neq 7.$$

Ce résultat est en excellent accord avec le fait que les indices de valence libre des sommets naphtaléniques sont plus élevés que ceux du benzène, comme l'ont montré pour la première fois R. Daudel et A. Pullman (²), ce qui a été depuis confirmé par divers auteurs (³).

Ces faits sont d'ailleurs en accord avec ce que l'on sait de la réactivité en général du benzène et du napthalène vis-à-vis de réactifs variés.

L'étude est poursuivie sur différents corps aromatiques.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la préparation et les propriétés du polyhexaméthylène dihydroxy $\alpha\alpha'$-adipamide.* Note de M. **Gérard Beauvalet**, présentée par M. Louis Hackspill.

De nombreux travaux (¹) ont montré le rôle prépondérant joué par les liaisons hydrogène dans les hauts polymères susceptibles de développer de telles interactions entre leurs chaînes macromoléculaires. C'est le cas notamment pour les polyamides, la cellulose, les alcools polyvinyliques.

Le polyhexaméthylène dihydroxy $\alpha\alpha'$-adipamide (²) présente l'intérêt de pouvoir mettre en jeu des interactions hydrogène entre groupes CO et NH d'une part et entre groupes hydroxyles d'autre part appartenant à des chaînes voisines.

(²) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 599.

(³) Coulson, Longuet-Higgins, *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 929; Moffitt, *Trans. Far. Soc.*, 45, 1949, p. 373.

(¹) R. Ælion et G. Champetier, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 346; W. O. Baker, *Advancing fronts in chemistry*. Vol. I. High polymers. Reinhold, 1945.

(²) B. F. numéro prov. 570.511 (8 avril 1949).

Ce polymère a été préparé par polycondensation de l'hexaméthylène diamine avec l'acide $\alpha\alpha'$-dihydroxyadipique.

Le dichlorure de l'acide adipique traité pas le brome donne l'acide $\alpha\alpha'$-dibromoadipique ([3]) qui, sous l'action de la soude à l'ébullition, fournit l'acide $\alpha\alpha'$-dihydroxyadipique, isolable sous forme de son sel de cuivre. Après action de l'hydrogène sulfuré pour libérer l'acide, filtration et séchage, l'acide, dissous dans le dioxane, cristallise par addition de chloroforme F : 146°,5.

Les solutions, dans le méthanol, de la diamine et du diacide mélangées en proportions équimoléculaires, laissent déposer le sel d'ammonium cristallisé F : 158-162°.

Chauffé en atmosphère inerte à 195-200°, ce sel d'ammonium subit une réaction de polycondensation avec départ d'eau et donne le polyamide hydroxylé, ainsi qu'il ressort de l'examen des spectres d'absorption infrarouge qui mettent en évidence des bandes OH (3μ).

Dans la réaction de polycondensation de l'hexaméthylène diamine avec l'acide dihydroxyadipique, *les fonctions amines primaires apparaissent donc beaucoup plus réactives que les fonctions alcooliques.*

Il convient toutefois de noter que le dégagement d'eau mesuré au cours de la réaction de polycondensation est supérieur à celui que l'on devrait théoriquement attendre de la simple formation de macromolécules linéaires et atteint 115 % de la quantité prévue. Cet excès d'eau formée doit être attribué à la réaction secondaire des oxhydriles qui, par déshydratation mutuelle, donnent naissance à des liaisons pontales entre les chaînes de polyamides. La détermination de la masse macromoléculaire du polymère par mesure de pression osmotique dans le *m*-crésol ($\overline{M}_n = 20\,000 \pm 1\,000$) et le dosage des groupes terminaux des chaînes polyamidiques montrent que l'on a affaire à des chaînes formées d'environ 35 motifs monomères réunies en moyenne par 1,1 liaison pontale étheroxyde.

Cette réticulation, quoique peu importante, donne au haut polymère, conjointement avec le double système de liaison hydrogène, des propriétés mécaniques élevées. Elle s'accroît par chauffage prolongé, tandis que la substance devient de moins en moins soluble dans le *m*-crésol et de nombreux solvants organiques, que le point de fusion s'élève et que la sensibilité à l'eau et l'élasticité diminuent. On aboutit finalement à un produit présentant tous les caractères d'un polymère à réseau tridimensionnel, notamment une dureté élevée.

Le polyhexaméthylène dihydroxy $\alpha\alpha'$-adipamide, dont la structure et les propriétés initiales sont comparables à celles des polyamides non hydroxylés, se comporte donc finalement comme un composé macromoléculaire thermodurcissable.

([3]) E. R. Buckman, *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 2696.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation d'anhydride chromique à 520° C par oxydation d'oxyde de chrome déposé sur alumine.* Note de MM. **Jean Givaudon**, **Ernest Nagelstein** et **Robert Leygonie**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Au cours d'expériences dans lesquelles un catalyseur, formé d'oxyde de chrome sur alumine, est envoyé dans une zone de réaction réductrice, puis dans une zone de régénération oxydante, et ainsi de suite, alternativement, nous avons constaté des phénomènes thermiques et une production d'eau qui ne nous ont paru explicables que par une modification de la structure chimique de ce catalyseur pendant les traitements précités.

Comme l'interprétation proposée repose principalement sur la formation d'anhydride chromique en atmosphère d'air à 520° C, c'est-à-dire dans des conditions où ce corps est considéré comme instable, nous avons étudié systématiquement l'action de l'oxygène de l'air sur l'oxyde de chrome déposé sur alumine, avec caractérisation de l'anhydride chromique formé, aprés quoi le catalyseur oxydé était à nouveau réduit par l'hydrogène.

La masse en expérience est constituée par imprégnation d'une alumine activée avec du nitrate de chrome en proportions telles que l'oxyde de chrome déposé représente environ 9 % du produit solide terminé. Décomposition du nitrate à 500° C environ en atmosphère d'hydrogène.

Le catalyseur ainsi préparé a été soumis, dans un tube de quartz, à l'action alterné de l'hydrogène et de l'air à 520° C. Deux passages successifs d'hydrogène et d'air sont séparés par un balayage d'azote. Les opérations de réchauffage et de refroidissement avant et après le courant d'air sont effectuées en atmosphère d'azote. L'azote est purifié au préalable de l'oxygène qu'il renferme par barbotage dans une solution de pyrogallol et passage sur des copeaux de cuivre portés au rouge.

Dans ces conditions, l'échantillon en épreuve subit le cycle suivant :

	Repère de l'échantillon.
Catalyseur d'origine..	A
Mise en température en atmosphère d'azote, puis chauffage pendant deux heures dans l'hydrogène; refroidissement en atmosphère d'hydrogène.	B
Chauffage en atmosphère d'azote, pour essai à blanc (2 heures à 520° C).	C
Chauffage dans l'azote, puis deux heures dans un courant d'air à 520° C; refroidissement en atmosphère d'azote..........................	D
Balayage d'azote, puis réduction ultérieure pendant une heure en atmosphère d'hydrogène.......................................	E

La recherche de l'anhydride chromique a été effectuée sur les échantillons précédents. A cet effet, un prélèvement était épuisé par extraction à l'eau

chaude dans un appareil de Soxhlet, l'anhydride chromique étant caractérisé et dosé en solution aqueuse : coloration jaune rouge des solutions; oxydation par l'eau oxygénée, apparition d'une couleur bleue qui se rassemble dans l'éther; dosage par iodométrie, l'anhydride chromique libérant l'iode de l'iodure de potassium en présence d'acide chlorhydrique; dosage gravimétrique à l'état de chromate de baryum.

Les résultats (tous rapportés à 100g de catalyseur d'origine) sont rassemblés dans le tableau I.

TABLEAU I. — *Teneur en anhydride chromique des prélèvements effectués.*

Repère.	Composition des solutions témoins et traitement de la masse en épreuve.	% CrO_3 total. Dosage par iodométrie.	Dosage pondéral par $BaCrO_4$.
Témoin I	Solution de CrO_3 à 2 %	2,00	2,01
Témoin II	Solution de CrO_3 : 2 % Nitrate de chrome : 0,4 %	1,97	1,99
Témoin III	Témoin II, chargé en outre de 3 % de $Cr_2O_7K_2$ (CrO_3 théorique : 4,05)	3,97	–
A	Catalyseur d'origine	–	0,15
B	Après traitement par l'hydrogène à 550°C	0,1	0,12
C	Maintien dans l'azote à 520° pour essai à blanc	traces	0,03
D	Traitement par l'air à 520°C	1,78	1,79
E	Balayage d'azote et réduction par l'hydrogène à 520°.	0,1	0,1

La neutralisation des solutions par les alcalis a été suivie par mesure de la conductivité. Les résultats obtenus confirment les précédents, à savoir : caractérisation de l'anhydride chromique, présence très nette de ce corps dans l'échantillon D; absence pratique dans les échantillons B, C et E. Les résultats quantitatifs n'ont pas été retenus, en raison d'anomalies constatées dans ces déterminations, conformément, d'ailleurs, à ce qui est mentionné dans des publications antérieures.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la filiation des phosphates de sodium.*

Note de Mme **DENISE LAFORGUE-KANTZER**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude du chauffage du mélange de Knorre ($PO_4Na_2H + NO_3NH_4$) m'a permis de montrer la formation initiale de dimétaphosphate [1]. C'est l'existence de ce dimère, très réactif, qui permet de comprendre l'ensemble des transformations observées au cours de ce chauffage, notamment la formation des pyro- et polyphosphates par saturation de l'ion dimétaphosphorique.

(1) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 1317.

Cette étude m'avait amenée à supposer après P. Bonneman ([2]) que, dans tous les cas, le premier métaphosphate formé par déshydratation du pyrophosphate acide était ce dimère.

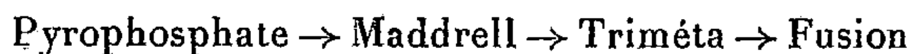
L'évolution thermique de l'orthophosphate monosodique suivie par quatre méthodes différentes (analyse chimique, analyse thermique différentielle, diffusion des rayons X, cryoscopie dans le sulfate de sodium au point de transition) a confirmé cette hypothèse.

L'essentiel des résultats peut être résumé ainsi ([3]) : l'orthophosphate monosodique se déshydrate vers 205° en pyrophosphate acide; 1/5 de l'eau de constitution de ce composé part à 240°, avec mise en jeu d'une énergie très faible : il se forme du *dimétaphosphate soluble*, identifié :

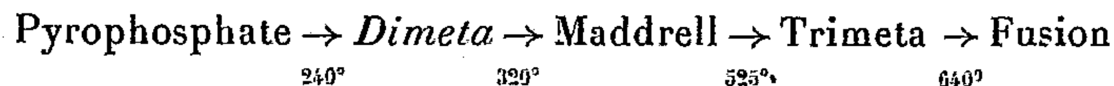
1° par la précipitation par l'alcool d'une masse huileuse; 2° par sa masse moléculaire; 3° par son diagramme de poudre; 4° par son spectre d'absorption infrarouge.

Ce dimère, instable, se transforme lui-même en *insoluble de Maddrell* à partir de 255°. La transformation totale en sel insoluble n'a lieu qu'avec le dernier départ d'eau à 320°.

Il faut donc remplacer le schéma de la filiation des métaphosphates admis jusqu'à présent :



par le suivant :



étant bien entendu que dans la zone 240°-320° existent, en fait, des mélanges pyro-diméta-insoluble.

Le dosage de l'eau contenue dans les échantillons de cette zone montre une déshydratation par paliers (1/5 — 4/5) mais des enregistrements thermo-pondéraux (obtenus avec une thermo-balance de Chevenard) montrent : 1° que les proportions d'eau dégagée varient avec la vitesse de chauffe ; 2° que les paliers ne s'étendent pas sur des dizaines de degrés : il faut donc admettre que le dimétaphosphate formé se réhydrate partiellement à l'air jusqu'à former des édifices de 1^{mol} de dimétaphosphate anhydre pour 4^{mol} de pyrophosphate (ou de diméta hydraté) — avec le dernier départ d'eau — très net sur la courbe d'analyse thermique différentielle la transformation en sel insoluble est totale (*cf.* déshydratations du sulfate de calcium).

Terem et Akalan ([4]) ont récemment signalé, sans y insister, la déshydra-

---

([2]) *Ann. Chim.*, 16, 1941, p. 395.

([3]) Cf. *Thèse*, Paris, mai 1949, à paraître aux *Annales de Chimie*.

([4]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1374 et 1437.

tation par paliers de :



$PO_4KH_2-PO_4NH_4NaH_2-PO_4H_3-PO_4H_2NH_4-PO_4H(NH_4)_2$.

Ces auteurs ne précisent pas *la nature* du premier polymère formé : il y a toutefois lieu de penser qu'il s'agit du dimère, et que la filiation est générale.

Déjà, Pascal et Réchid (5) avaient découvert l'acide dimétaphosphorique au cours de la déshydratation de l'acide orthophosphorique et observaient une filiation : pyro-diméta-insoluble.

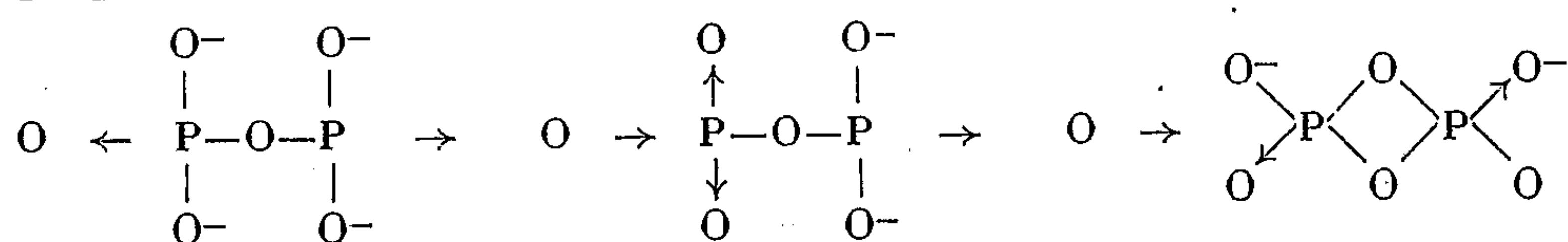
Or l'examen des spectres d'absorption infrarouge prouve que l'acide insoluble a une structure analogue à celle du sel de Maddrell : très symétrique et comportant les bandes des composés cycliques métaphosphoriques (6μ, 7-7μ, 8-9μ), tandis que la structure du dimère soluble est très voisine de celle du pyrophosphate [passage facile d'une forme à l'autre, fonction anhydride (3) (6) du dimère, analogie des spectres X et IR].

En conclusion, on peut généraliser à tous les composés phosphoriques la filiation :



pyro → diméta → insoluble

en proposant les formules de structure :



Une détermination complète des structures des ions méta et polyphosphoriques fera l'objet d'une étude ultérieure.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude de la trempe d'un alliage léger du point de vue élastique*. Note (*) de MM. **Charles Appert** et **Robert Cabarat**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On sait que les variations du frottement intérieur, qui accompagnent des modifications de structure dans les alliages, ont fait l'objet d'assez nombreuses recherches. Dès 1934, P. Chevenard (1), dans une étude sur les ferronickels avec addition de chrome, mettait en évidence la corrélation existant entre les variations du frottement intérieur et des autres paramètres du métal. Il nous a paru intéressant d'étudier dans ce sens le durcissement structural d'un alliage léger

(5) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 828.

(6) A. Laforgue et D. Laforgue-Kantzer, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1735; *Bull. Soc. Chim.* (en préparation).

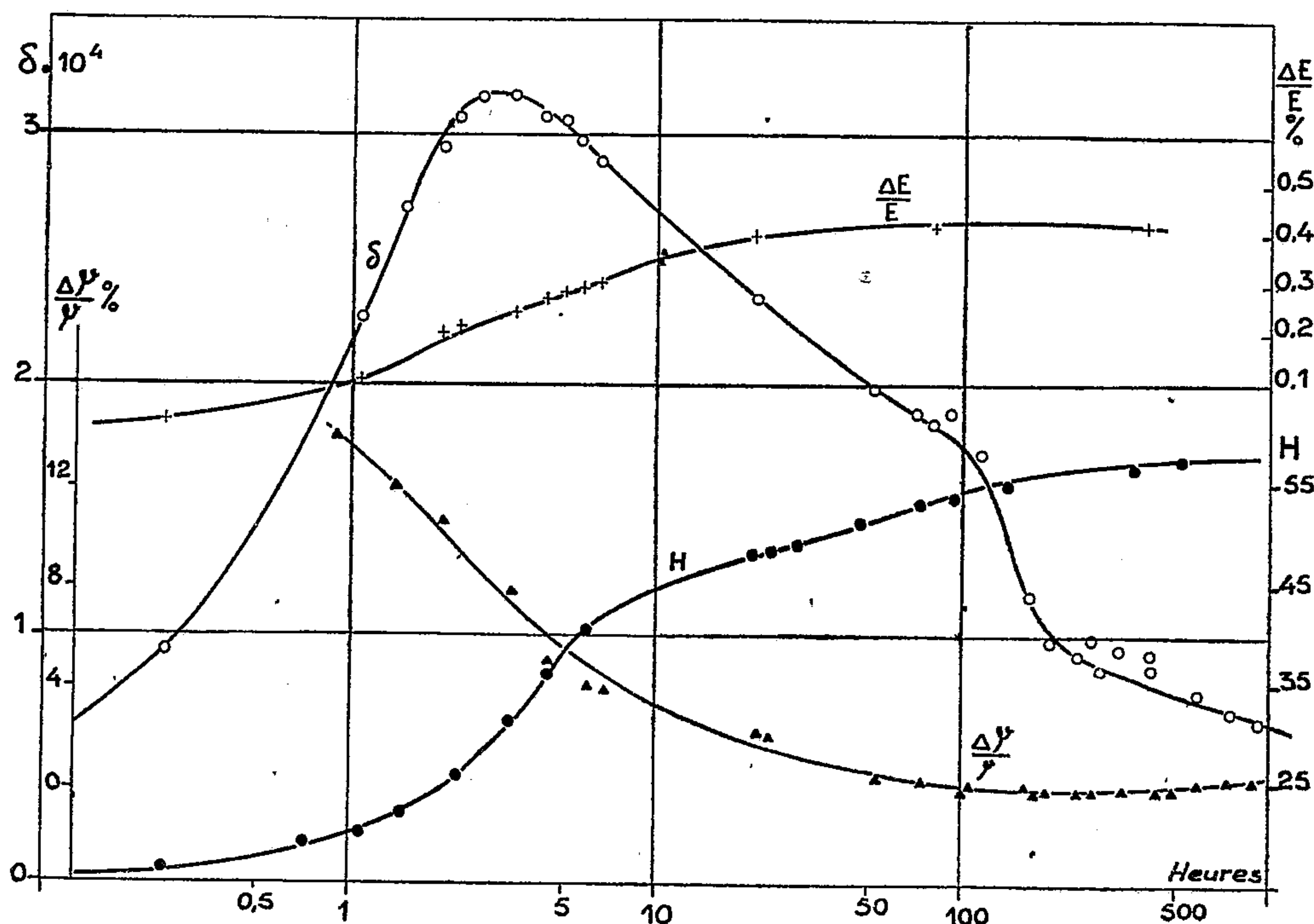
(*) Séance du 8 juin 1949.

(1) *Chimie et Ind.*, XIVe Congrès de Chimie industrielle. Volume édité par *Chimie et Industrie* 1934.

au zinc à très haute résistance; celui-ci, connu sous diverses qualifications commerciales (Zicral, T.60, etc.) a sensiblement la composition suivante : Zn : 7 à 8,5; Mg : 1,75 à 3; Cu : 1 à 2 : Mn : 0,1 à 0,6; Cr : 0,2 à 0,4 %; Al : le reste. Nous avions choisi un tel alliage pour les deux raisons suivantes :

1° A la température ambiante, le durcissement est assez long : 40 jours au moins après la trempe. Les variations du frottement interne sont ainsi faciles à mettre en évidence.

2° L'alliage possède avant tout traitement un frottement intérieur très faible (décrément δ $2,5.10^{-5}$) : Comme la méthode mise en œuvre par nous ([2]) supprime pratiquement toute perte d'énergie étrangère au frottement intérieur (l'éprouvette est immobilisée à un nœud de vibrations longitudinales, les mesures sont faites dans un vide inférieur à $0^{mm},02$ de mercure), il était possible de déceler des variations faibles en valeur absolue, mais considérables en valeur relative, ce qui rend l'étude du phénomène particulièrement instructive. Nous nous sommes proposé en outre de suivre corrélativement les variations du module d'Young E, de la conductivité μ et de la dureté Rockwell H.



Les éprouvettes cylindriques ont été chauffées 30 minutes à 450°C et trempées à l'eau froide. Les mesures ont été effectuées à température constante : 18° ± 1°; la précision des mesures est estimée à 5 % ; comme nous l'avons signalé précé-

([2]) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 229.

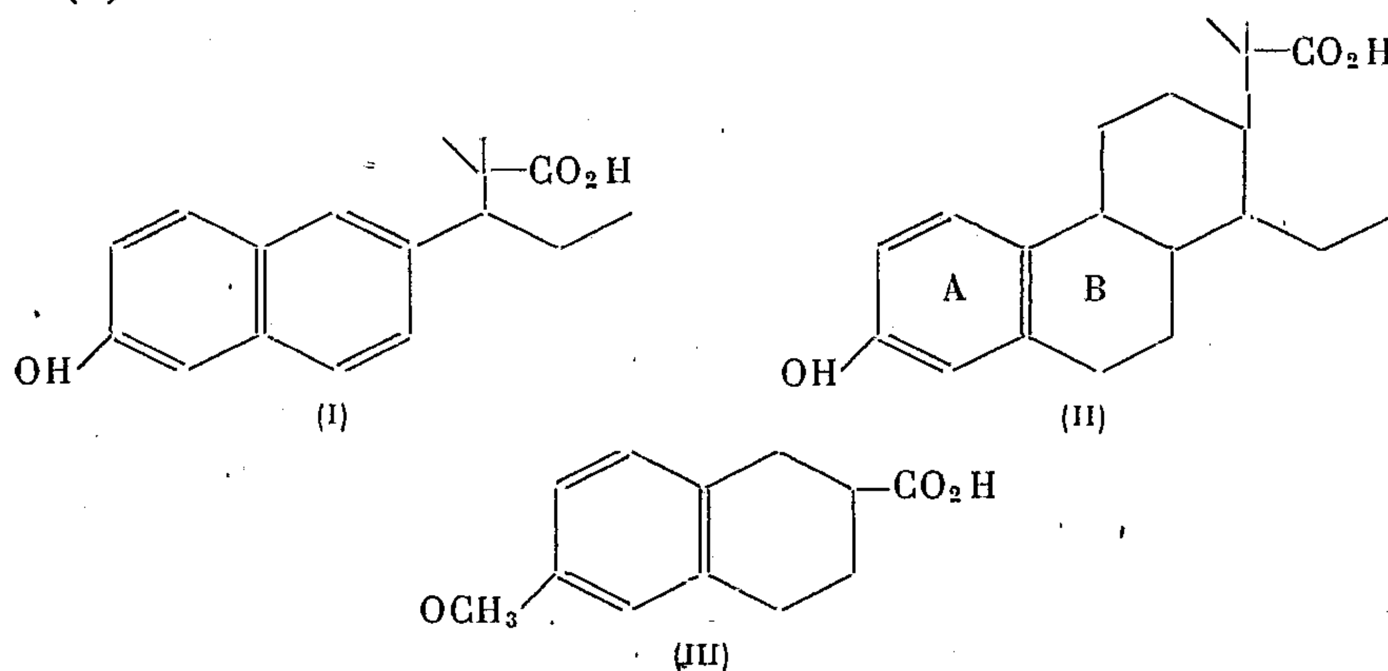
demment ([3]), l'expérience semble montrer que, sous la très faible amplitude des vibrations, le décrément est quasi indépendant de l'élongation initiale.

Pendant les premières heures du vieillissement, alors que la dureté est encore faible et que la conductivité décroît, le frottement intérieur subit une augmentation rapide et passe par un maximum; cela serait dû, semble-t-il, à l'*hétérogénisation* de la solution solide qui précède inévitablement la précipitation d'une nouvelle phase et crée ainsi une distorsion notable du réseau cristallin. A partir de cet instant, le frottement intérieur décroît d'une quantité importante. Après 200 heures, la conductivité passe par un minimum pour augmentèr ensuite, ce qui semblerait indiquer que le durcissement de cet alliage s'accompagne d'une précipitation légère. A ce moment, la diminution du décrément semble s'accélérer, mais elle reprend ensuite un rythme plus lent.

La courbe de variation du module d'Young ne présente pas de particularité notable. Elle suit sensiblement celle de la dureté; l'amplitude de variation reste faible, ce qui montre l'influence peu importante des structures sur le module d'élasticité.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'acide méthoxy-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtoïque-2* Note de MM. **Alain Horeau** et **Jean Jacques**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons rendu compte ici même ([1]) de la très grande activité œstrogène de l'acide αα-diméthyl β-(méthoxy-6 naphtyl-2) valérianique (I), modèle ouvert de l'équilénine, que nous avons aussi appelé acide αα-diméthyl β-éthyl allénolique et pour lequel nous avons mis au point plusieurs méthodes de synthèse ([2]).



([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 490.

([1]) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 862.

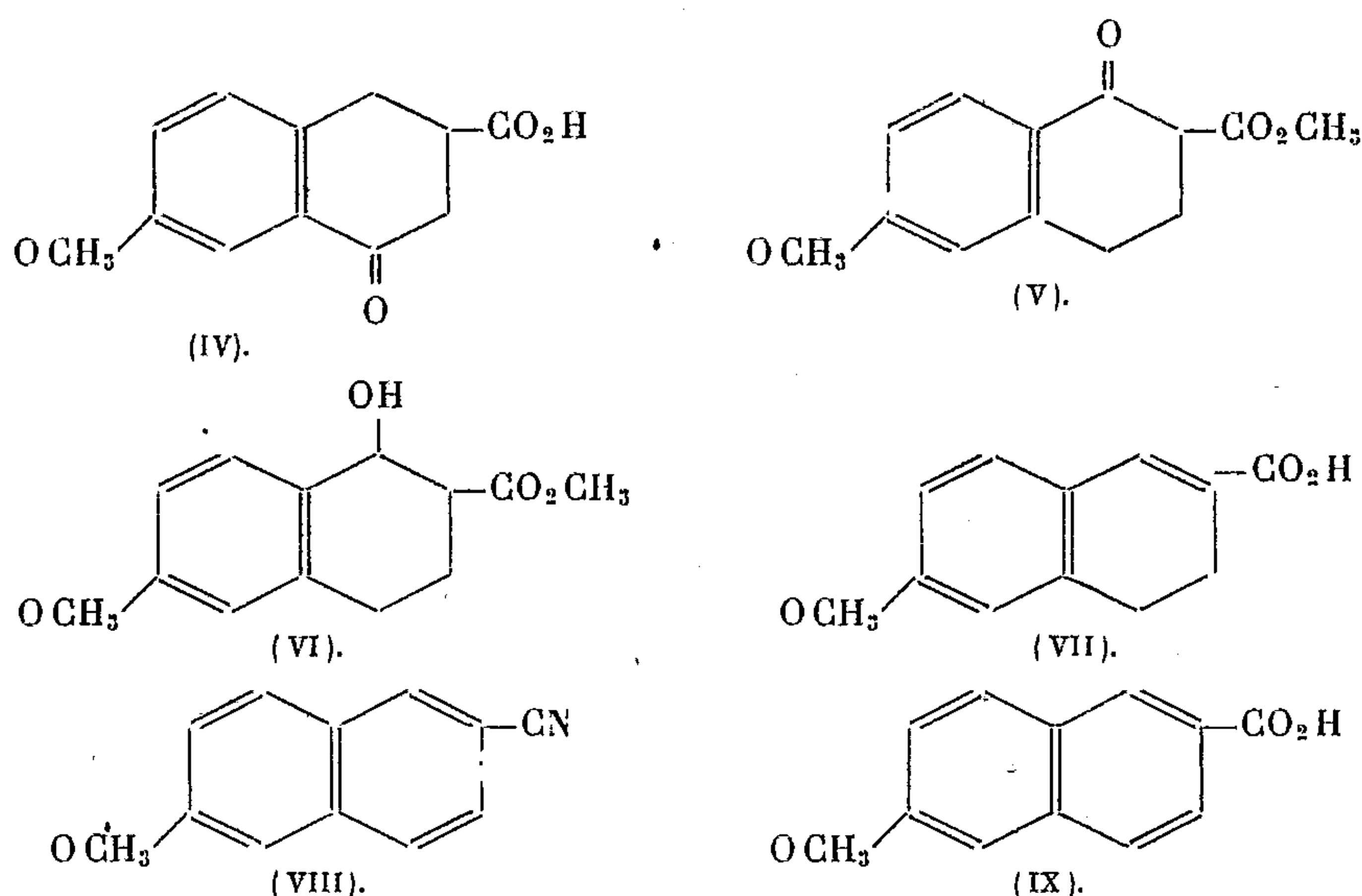
([2]) Jacques et Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 711.

L'œstrone étant beaucoup plus active que l'équilénine, il était intéressant de préparer l'acide αα-diméthyl β-(méthoxy-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtyl-2) valérianique (II), analogue tétralinique de l'acide (I) et possédant, comme l'œstrone, un noyau B totalement hydrogéné. Wieland et Miescher (³) viennent d'en décrire la préparation. Nous avions de notre côté entrepris le même travail : nous détachons de nos recherches, que l'antériorité des auteurs suisses nous a obligés d'interrompre, quelques résultats dont l'originalité subsiste.

La matière première de la synthèse est l'acide méthoxy-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtoïque (III). Cet acide a déjà été obtenu par Price et Kaplan (⁴) en cinq étapes à partir de l'acide anisoyl propionique et par Wieland et Miescher en six étapes à partir de la méthoxy-6 tétralone-1.

Nous proposons ici trois nouvelles méthodes de préparation de cet acide dont la dernière, en particulier, présente d'incontestables avantages sur celles qui ont été utilisées antérieurement.

A. La condensation de l'anisaldéhyde et du malonate d'éthyle en présence de benzène et de pipéridine fournit avec un rendement de 86 % l'anisylidène



malonate d'éthyle E_{12} 215-217°; celui-ci est hydrogéné à froid en présence de nickel Raney en anisylmalonate d'éthyle : E_{12} 192-193°, Rdt 92 %. Une nouvelle condensation avec le bromacétate d'éthyle fournit un triester E_{17} 238-240° dont la saponification et la décarboxylation donnent l'acide *p*-méthoxybenzyl-succinique; l'anhydride de cet acide est facilement cyclisable en acide-cétone (IV). Ce produit, déjà obtenu par Haworth, Jones et Way (⁵) en suivant

(³) *Helv. Chim. Acta.*, 31, 1948, p. 1844.
(⁴) *J. Am. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 477.
(⁵) *J. Chem. Soc.*, 1943, p. 10.

une méthode quelque peu différente, est réduit en (III) par la réaction de Kishner-Wolff modifiée par Huang-Minlon ([6]).

B. Le méthoxy-6 tétralone-1 carbonate de méthyle-2 (V) est hydrogéné en présence de nickel Raney en méthoxy-6 hydroxy-1 tétrahydro-1.2.3.4 naphtoate de méthyle-2 (VI) F 130°, qu'une saponification par la soude alcoolique transforme directement en acide méthoxy-6 dihydro-3.4 naphtoïque-2 (VII) F 172° déjà obtenu par Crowley et Robinson ([7]), et qui peut être facilement hydrogéné catalytiquement en l'acide tétrahydronaphtoïque correspondant (III).

C. Enfin le méthoxy-6 cyano-2 naphtalène (VIII), accessible à partir du méthoxy-6 bromo-2 naphtalène, ainsi que nous l'avons déjà indiqué ([8]), est aisément saponifié par une solution de soude dans le méthoxy-éthanol en acide méthoxy-6 naphtoïque-2 (IX); Rt 90 %. Celui-ci est hydrogéné directement par le sodium et l'alcool iso-amylique; seul le noyau porteur de la fonction acide est touché et l'on obtient avec un rendement de 75 % l'acide méthoxy-6 tétrahydro-1.2.3.4 naphtoïque-2, fondant à 150° et analogue aux produits préparés par les deux méthodes précédentes.

GÉOLOGIE. — *Micaschistes albitisés dans les schistes lustrés de la Haute-Maurienne.* Note de M. **Robert Michel**, présentée par M. Charles Jacob.

La présence de lames de gneiss et de micaschistes dans les schistes lustrés a été diversement interprétée par M. Bertrand ([1]), P. Termier ([2]) et F. Hermann ([3]). J'ai revu récemment la plupart des gisements de ces roches décrits par E. Raguin en Haute-Maurienne ([4]) et j'ai pu étendre mes recherches en territoire italien.

Ces roches, qui diffèrent peu les unes des autres, sont plus ou moins compactes suivant leur richesse en feldspath. Lorsqu'on étudie leur gisement en détail, on observe des passages progressifs aux schistes lustrés et même des récurrences, au sein des calcschistes francs, de petites lentilles feldspathiques, d'importance plus réduite que les bandes dessinées sur les feuilles Tignes et Lanslebourg à 1/50000.

Extérieurement, ce sont des roches à grain fin, bien litées, plus ou moins phylliteuses et de teinte généralement claire.

([6]) *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2487.
([7]) *J. Chem. Soc.*, 1938, p. 2001.
([8]) Horeau et Jacques, *Bull. Soc. Chim.*, 14, 1947, p. 58.

([1]) *Feuille de Bonneval* (*Carte géol. dét. de la France à* 1/80000, 1895).
([2]) *Comptes rendus*, 133, 1901, p. 841.
([3]) *Ibid.*, 185, 1927, p. 1204.
([4]) *Haute-Tarentaise et Haute-Maurienne* (*Mém. Serv. Carte géol. de France*, 1930).

L'examen microscopique permet de distinguer d'une part des micaschistes à chlorite et muscovite sans feldspath, et d'autre part des micaschistes à albite (gneiss des auteurs), faciès qui peuvent être uniformément rangés dans la zone des micaschistes supérieurs.

Les premiers sont les moins fréquents ou, tout au moins, les moins apparents, car ils sont intimement liés aux schistes lustrés auxquels ils passent en toute continuité et dont ils ne diffèrent que par leur faible teneur en calcite. A cette différence près, leur composition minéralogique est analogue à celle d'un schiste lustré banal : quartz en lits bien individualisés, séparés par des lits phylliteux flexueux où le mica phlogopite, non encore signalé jusqu'ici, est plus abondant que la chlorite et la muscovite ; enfin par ordre d'abondance décroissante : petits porphyroblastes de grenat en voie de chloritisation, épidote (parfois à noyau d'allanite), zoïsite en plages xénomorphes, tourmaline, sphène, rutile et, exceptionnellement, glaucophane ; les minerais (ilménite, oligiste) sont peu abondants et répartis dans les lits phylliteux.

Les bancs feldspathiques diffèrent des micaschistes précédents par le développement progressif de l'albite (An_{0-8}), la réduction des minéraux phylliteux et l'absenee totale de calcite. Les plages d'albite peuvent atteindre $0^{mm},8$; elles sont le plus souvent informes, disséminées dans la roche ou concentrées lit par lit. Le fond granoblastique comporte tous les autres minéraux des micaschistes non albitiques, ainsi que du chloritoïde, assez rare, et une apatite spéciale, biaxe ($2V = 21°$).

Le passage du micaschiste normal au micaschiste albitisé est *progressif* et témoigne d'un processus d'albitisation secondaire, accompagné de décalcification. En effet, les micaschistes albitiques présentent des traces de cataclase, permettant de constater l'existence d'une phase de mylonitisation antérieure à la cristallisation de l'albite qui moule des débris pouvant appartenir à tous les autres minéraux et principalement à l'épidote, à la zoïsite et au quartz. Ces observations montrent qu'un apport sodique, probablement hydrothermal, s'est fixé électivement dans des niveaux des schistes lustrés rendus au préalable perméables par la cataclase.

Quoi qu'il en soit, les roches en question sont des micaschistes plus ou moins albitisés, normalement intercalés dans la série des schistes lustrés, et non des écailles tectoniques de gneiss comme il avait été dit précédemment.

HYDROLOGIE. — *Relation entre les facteurs climatiques et le drainage du sol nu au cours de l'année.* Note de MM. **Stéphane Hénin** et **Lucien Turc**, présentée par M. Albert Demolon.

L'un de nous a montré ([1]) que l'évaporation et l'écoulement annuels, soit dans des bassins fluviaux, soit en cases lysimétriques, peuvent être calculés par les formules

$$E = \frac{1 + \gamma P^2}{P}, \qquad D = P - E,$$

([1]) S. Hénin et J. Ternisien, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 80; S. Hénin et M. Godard, *Ibid.*, 219, 1944, p. 559.

P = Précipitations, E = Évaporation, D = Écoulement (mesurés en mètres),

$$\gamma = \frac{1}{0,15\,t - 0,13},$$

t étant la température moyenne de l'année mesurée en degrés centigrades.

Le problème se complique si l'on veut appliquer ce mode de calcul à une période plus courte que l'année; dans ces conditions la formule $D = P - E$ n'est plus exacte car elle ne tient pas compte de la réserve d'eau du sol.

Pour exprimer la continuité du phénomène d'évaporation et le fait qu'il affecte l'eau du sol, on ajoute aux précipitations une valeur représentant la fraction de cette eau évaporable pendant la période considérée et déterminée expérimentalement, soit m; cette valeur s'avère assez indépendante du type de sol. On a alors le droit d'écrire

$$\Delta = P - E, \qquad \text{et} \qquad E = \frac{P + m}{1 + \gamma (P + m)^2}.$$

1° Si Δ est négatif, il y a appauvrissement du sol en eau et l'expérience montre que cette formule n'est valable qu'autant que la somme des Δ négatifs est inférieure à 35^{mm}; ceci représente donc un stock d'eau aisément évaporable; au-dessous de cette limite le sol subit encore une perte d'eau, mais très faible cette fois-ci, m étant de l'ordre de 1^{mm}.

Dans la zone de transition pour laquelle le stock d'eau aisément évaporable est inférieur à 12^{mm} on prend m égal à ce stock, soit $m = 35$ — déficit de saturation.

2° Si Δ est positif, ou bien le sol draine, ou s'il n'est pas saturé, tout ou partie de l'eau représentée par Δ sert à compenser le déficit, l'excès éventuel assurant un drainage.

D'autre part, pour la valeur du coefficient γ, il faut prendre

$$\frac{1}{50\,(t + 3)} \cdot \frac{245}{I}$$

si P et m sont exprimés en millimètres.

I représente le rayonnement global moyen exprimé en calories par centimètre carré et par jour, reçu par le sol pendant la décade considérée. L'introduction de ce facteur a été rendue nécessaire pour compenser un décalage systématique apparaissant dans les calculs et indiquant qu'en tenant compte de la température du mois seule, on n'obtient pas un effet desséchant suffisant au printemps.

Ces formules ont été appliquées systématiquement aux cases lysimétriques; le tableau suivant donne les bilans mensuels (exprimés en millimètres) pour trois stations en 1935 :

	Versailles.			Rothamsted.			Groningen.		
	P.	D mes.	D calc.	P.	D mes.	D calc.	P.	D mes.	D calc.
J..........	37,3	31	31	27	18	17	55	52,6	48
F..........	70,4	57	59	74	50	63	79	72,3	69
M..........	36,3	27	12	16	2	0	28	15,2	6
A..........	56,6	5	21	100	47	59	66	29,6	28
M..........	53,1	0	5	48	4	2	44	8,1	0
J..........	82	15	16	76	22	21	93	35,1	27
J..........	19,9	0	0	24	0	0	39	4,3	0
A..........	63,2	0	0	42	0	0	39	1,0	0
S..........	60,5	0	0	120	53	50	116	35,2	53
O..........	22,5	0	0	76	43	53	75	50,5	52
N..........	49,1	25	18	138	120	132	46	27,9	33
D..........	114,9	92	112	81	71	78	88	98,2	85
Totaux...	665,8	252	274	822	428	475	768	430	401

Le fait que les formules proposées se montrent valables pour des conditions climatiques assez différentes prouve que le phénomène d'évaporation dépend largement des facteurs utilisés dans les formules; on appréciera les résultats obtenus en tenant compte du fait que les formules ont été adaptées pour les seules cases de Versailles, et appliquées sans changement, sauf l'introduction des valeurs propres, aux autres stations; les désaccords observés sont imputables à l'influence des conditions particulières à chaque milieu.

Le désaccord sensible que l'on constate pour les deux années les plus sèches de Tunis et la plus sèche d'Alger, ne peut cependant être attribué qu'en partie à cet état de fait, car si l'on soustrait du drainage total observé les quantités drainées pendant la période sèche, on accroît sensiblement la concordance entre valeurs calculées et mesurées; ainsi à l'Ariana, on obtient :

	1937-1938.	1938-1939.	1941-1942.	1943-1944.
Drainages observés totaux........................	295	249	210	133
» pendant la période humide.....	289	228	173	105
Drainages calculés................................	247	249	167	76

La saison pendant laquelle se produit le phénomène et le désaccord lui-même semblent indiquer que l'on est en présence de condensations occultes constituant un apport d'eau supplémentaire.

On peut estimer que la méthode de calcul proposée permet de prévoir le débit annuel des cases à $\pm 20\ \%$ près et donne des ordres de grandeur satisfaisants pour le débit mensuel.

MÉTÉOROLOGIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère.*
Note de M. **Maurice Burgaud**, présentée par M. Pierre Lejay.

A l'Observatoire de Zo-Sè, on a pu, au cours de six années (1939-1944), étendre la série de mesures de la quantité de vapeur d'eau atmosphérique par l'absorption dans la bande Φ de l'infrarouge.

Le spectrographe a été décrit (¹). Plus de 20000 mesures, d'une durée d'environ deux minutes chacune, ont permis de suivre les variations de la quantité de vapeur d'eau en dépendance des situations météorologiques.

La répartition des points figuratifs en fonction du temps, permet de juger l'homogénéité des masses d'air ou leur turbulence. En hiver, par mousson régulière de N-O, les points s'alignent suivant des droites. Ainsi est-on fixé sur la précision de la méthode (mieux que 5 %). Aux périodes de transition (printemps et automne), plus encore en été, aux jours orageux, et en proportion de l'importance des courants de convection se produisant au sein des masses d'air, les courbes sont cahotiques. La dispersion des points reflète le degré de turbulence et la rapidité de variation de la teneur en vapeur d'eau.

On suit au jour le jour l'assèchement progressif des masses d'air sous l'influence des vents secs de la mousson de N-O, ou l'humidification résultant de vents marins et mieux encore l'invasion des masses d'air tropical particulièrement humides.

Comme l'a indiqué déjà Abbot (²), ces augmentations progressives ne permettent pas pour autant de prédire la pluie à plusieurs jours d'intervalle. Par contre, après un accroissement rapide de l'ordre du centimètre en une ou deux heures, concordant souvent avec une rotation des vents, une zone nuageuse apparaît avec probabilité de pluie dans les vingt-quatre heures.

Il n'existe pas de variation diurne causée par la température : le maximum de midi observé à certains jours d'été très humides est dû à l'extension, au cours de la journée, de masses d'air tropical qui cèdent la nuit devant les masses d'air plus sec du maximum couvrant le Pacifique.

Si l'on compare les valeurs moyennes mesurées à Zo-Sé avec celles qu'ont obtenues à Washington le Dʳ Abbot (²) et M. Harrison (³), on a

	Hiver (cm).	Printemps (cm).	Été (cm).	Automne. (cm).
Washington (²)......	0,6	1,9	2,15	1,67
» (³)......	1,0	1,69	3,49	2,23
Zo-Sé..............	0,56	1,28	4,8	1,65

(¹) P. Lejay, *Notes de Météorologie physique*, Fasc. VIII.
(²) Pub. 3678, 1942 « Smithsonian Miscellaneous collections ».
(³) *Monthly Weather Review*, avril 1940, p. 96.

En été (juillet-août), la teneur en vapeur oscille entre 4 et 6^{cm} et peut atteindre exceptionnellement 7^{cm}. Or la moyenne mensuelle des pluies est pour Shanghaï : en mai 95^{mm}, *en juin* 182^{mm}, en juillet 146^{mm}, en août 143^{mm}, juin est aussi le mois où l'humidité au sol atteint son maximum. La teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau ne va donc pas de pair avec la pluie et l'humidité au sol; les plus grandes quantités de vapeur d'eau ne correspondent pas non plus aux maxima de température.

Cependant les valeurs de 6 à 7^{cm} d'eau précipitable concordent toutes avec les jours où Shanghaï se trouve sous l'influence des masses d'air tropical venant du Sud-Ouest de la Chine. Les vents soufflent du Sud-Ouest et amènent les orages. Ce sont aussi les jours où la *pression de la vapeur d'eau* mesurée au sol, atteint ses valeurs maxima.

Ce parallélisme entre *les variations* de la pression de la vapeur et celles de la quantité d'eau précipitable mesurée au spectrobolographe, est très net; il souffre cependant de rares exceptions. Il se fait sentir sur des journées entières comme sur des intervalles de 2 à 3 heures.

Hann et d'autres, partant de la pression de la vapeur d'eau e, ont déterminé la quantité d'eau W contenue dans l'atmosphère à l'état de vapeur, en utilisant la relation, $W = Ke$. Hann admettait pour K la valeur 2,3; Umphreys 2 et le P. Lejay 1,5 pour Zo-Sé. Même avec cette dernière valeur, les courbes que nous avons obtenues en utilisant les deux méthodes, se correspondent mal, surtout en été.

Nous avons essayé la forme $W = Ke^x$. Les maxima d'été et les minima d'hiver ont conduit aux valeurs pour K et x de 1,45 et 1,41. Les courbes s'accordent alors, sans écarts systématiques, toujours à mieux que 15 % lorsque $W > 1^{cm},5$.

On ne voit pas que, si le ciel se couvre ou s'il pleut, la pression de vapeur subisse de brusques discontinuités. La pression de la vapeur renseigne encore sur la quantité de vapeur d'eau. Dans cette hypothèse, on a relevé les maxima et minima annuels au cours de 30 ans, pour Zi-ka-wei. On a, de 1913 à 1942 :

	Pression au sol (mm).	Eau précipitable (valeur calculée) (cm).
Moyenne des maxima	28,5	6,34
» minima	1,7	0,12
Plus forte valeur	31,4	7,28 (1936)
Plus faible valeur	0,9	0,06 (1920)

Il se trouve que la plus forte valeur (7^{cm},28) déduite des pressions de la vapeur est celle du 10 août 1936, précisément un jour où des mesures ont été faites par beau temps, au spectrobolographe. A tous les autres jours la pression reste inférieure et l'on peut en conclure que l'occurence des nuages ou de la pluie n'implique pas une plus grande abondance de vapeur d'eau dans l'air.

Aux jours de dépression, voire de typhon, la pression de la vapeur ne dépasse souvent pas celle des beaux jours qui précèdent ou qui suivent.

La pluie, son abondance, dépendent sans doute de la quantité de vapeur contenue dans l'air, mais plus encore de la rapidité du brassage des masses d'air chaud et humide par les masses d'air froid, et de la différence de leur température.

CLIMATOLOGIE. — *Caractères statistiques de la corrélation que présentent la durée de l'insolation et l'amplitude de la variation diurne de la température de l'air à Paris.* Note (*) de M. **Henri Grisollet**, présentée par M. Charles Maurain.

Entre les valeurs journalières de la radiation solaire globale et les valeurs correspondantes de la température de l'air, se manifeste un défaut de parallélisme imputable aux différences de propriétés qui existent entre les diverses masses d'air. Par contre, entre le facteur radiation solaire globale Q et l'amplitude θ de l'oscillation thermique diurne, apparaît une relation approximative que M. Parodi a proposé de traduire par une expression de la forme

$$\theta = K Q^{\alpha} \qquad (\alpha = 0,5) \quad (^1).$$

Il nous a paru intéressant de rechercher, d'un point de vue climatologique, quels étaient les caractères de la corrélation entre le facteur solaire et l'élément thermique, au cours des différents mois de l'année.

Pour exprimer numériquement le premier facteur, nous avons préféré, à la radiation globale, la durée d'insolation dont la mesure est relativement plus ancienne et plus répandue et avec laquelle l'amplitude thermique diurne offre une dépendance directe généralement mieux marquée.

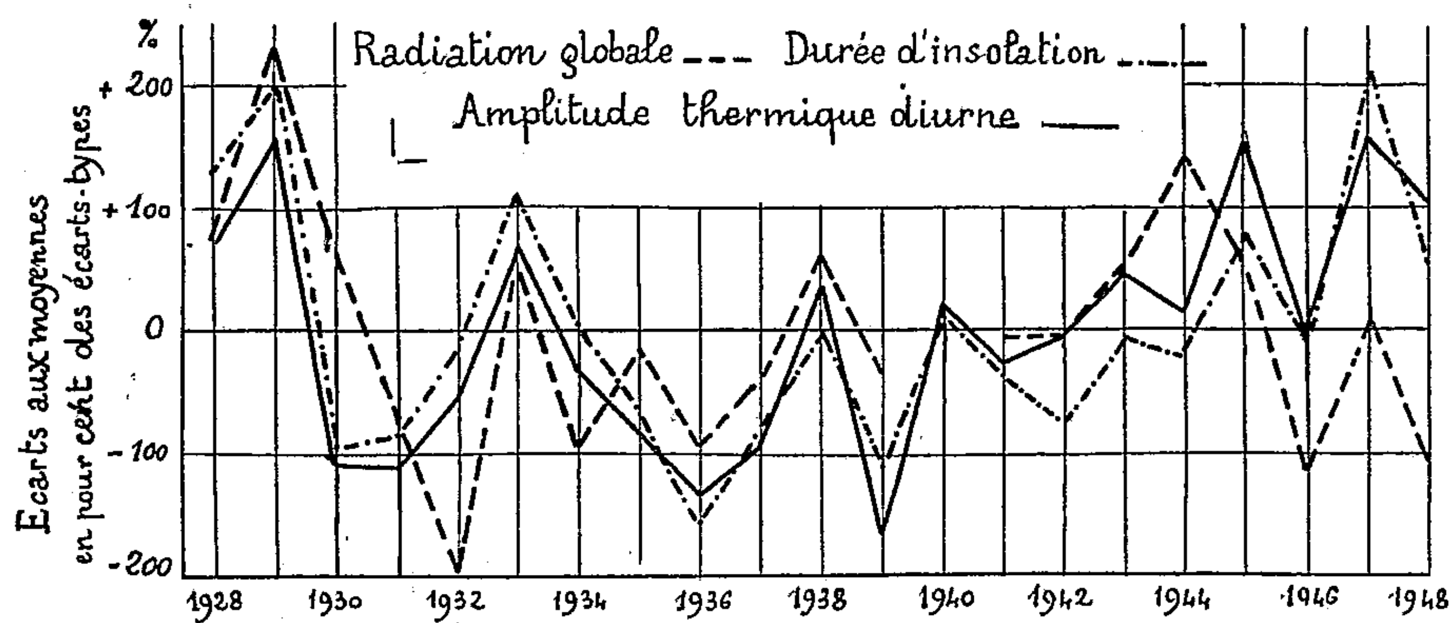
Ce dernier fait, assez inattendu, sera illustré au moyen des données annuelles recueillies à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, de 1928 à 1948 et rapportées sur le graphique ci-après, dans lequel les ordonnées représentent les écarts aux valeurs moyennes des séries; ces écarts sont exprimés en pour cent des écarts-types correspondants, de manière à éliminer l'influence des différences d'amplitudes entre les fluctuations respectives des trois variables.

Le calcul montre qu'aucun de ces trois éléments ne présente de corrélation interne significative; quant aux régressions entre l'amplitude thermique et la radiation globale, d'une part, et entre ce même facteur et la durée d'insolation, d'autre part, leur forme est sensiblement linéaire; les coefficients de corrélation respectifs atteignent les valeurs significatives de + 0,60 et + 0,87.

(*) Séance du 8 juin 1949.

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 48.

Venons-en maintenant à l'examen des valeurs mensuelles des deux seuls facteurs : amplitude thermique diurne θ et durée d'insolation $\mathcal{J}$, enregistrées au Parc Saint-Maur depuis 1881 ([2]).



Pour chacun des mois de l'année, nous avons reconnu, au moyen des tests appropriés la quasi-linéarité des régressions de θ en $\mathcal{J}$ et de $\mathcal{J}$ en θ et la valeur significative des coefficients de corrélation r bruts calculés; la grandeur de ces derniers suit, dans le cours de l'année, une double oscillation; toutefois, en appliquant à ces résultats (bien que les séries examinées ne soient pas exactement gaussiennes), la transformation proposée par Fisher, nous trouvons que, seule peut être tenue pour significative une oscillation annuelle simple dont le minimum se situe en janvier, avec $r = +0,51$, et le maximum, très plat, en septembre avec $r = +0,91$; les coefficients de corrélation présumés des populations correspondantes doivent être vraisemblablement compris entre $+0,30$ et $+0,67$ d'une part, et $+0,87$ et $+0,95$ d'autre part (pour $P = 0,95$). Nous avons calculé, par ailleurs, les coefficients mensuels b de régression de θ en $\mathcal{J}$, leurs écarts-types et les intervalles à l'intérieur desquels pouvaient être considérés comme compris les coefficients de la population; après avoir confondu ceux qui appartenaient à des intervalles chevauchants, les coefficients de régression laissent apparaître une double oscillation annuelle significative qui comporte un premier maximum en mars ($b = 1,00$, $\sigma_b = \pm 0,07$), un minimum en juin ($b = 0,58$, $\sigma_b = \pm 0,06$), un second maximum très aplati en septembre, octobre, novembre ($b = 1,06$, $\sigma_b = \pm 0,08$) et un second minimum en décembre ($b = 0,62$, $\sigma_b = \pm 0,12$) ([3]).

Ce résultat peut se résumer ainsi : à un écart donné $\Delta\mathcal{J}$ par rapport à la

---

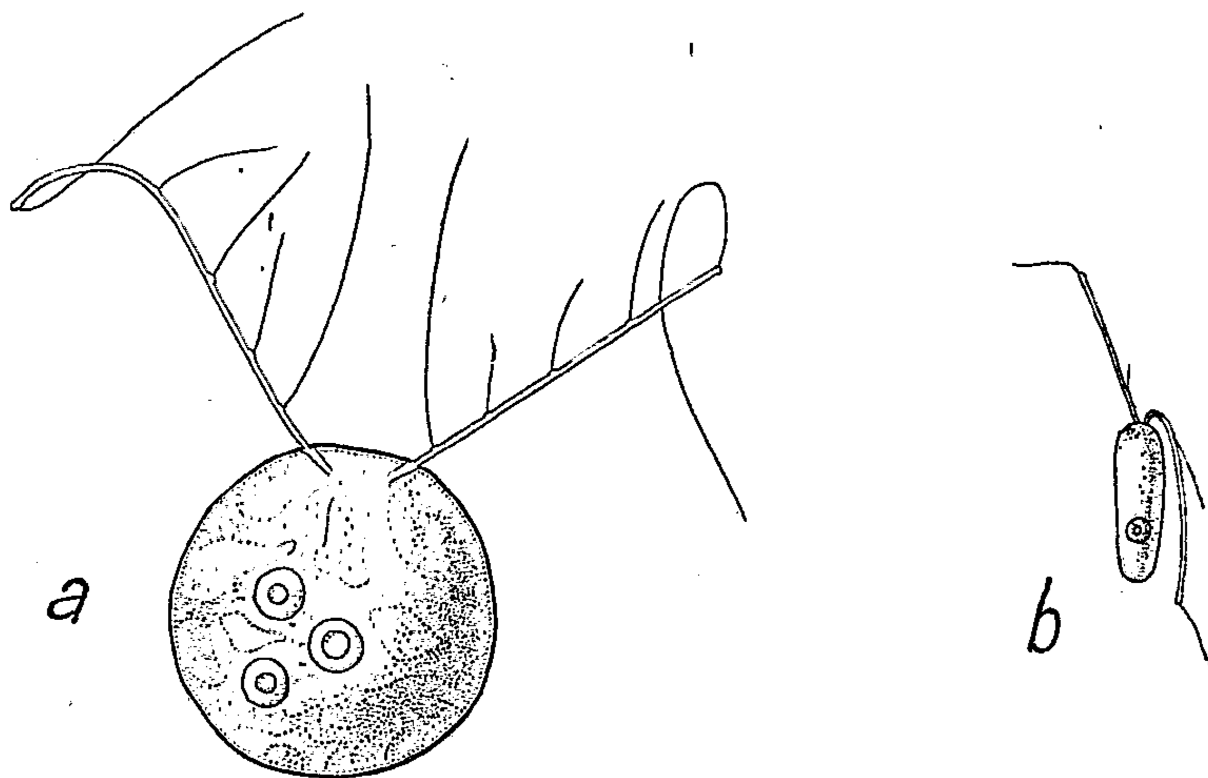
([2]) Nous n'avons pas utilisé les observations parisiennes, parce que l'oscillation thermique diurne, dans Paris, est amortie par l'agglomération urbaine.

([3]) Ces coefficients de régression correspondent aux valeurs quotidiennes moyennes mensuelles des variables θ et $\mathcal{J}$.

moyenne de la durée d'insolation mensuelle, correspond un écart de l'amplitude thermique diurne, $\Delta\theta = b\,\Delta\mathcal{S}$, dont la valeur autour des équinoxes excède de 60 à 80 % celle de l'écart correspondant observé au voisinage des solstices.

ALGOLOGIE. — *Fouets pleuronématés et disposition amphiconte chez l'*Hæmatococcus pluvialis *Flotow*. Note (*) de Mlle **Vlasta Benesová**, présentée par M. Roger Heim.

1. D'après les travaux de divers auteurs : Korchikoff, Petersen, Deflandre, Fischer, Hamburger, Vlk, etc., il est actuellement admis que les fouets des zoospores des Chlorophycées sont toujours acronématés, c'est-à-dire qu'ils présentent un filament fin, situé à l'extrémité du flagelle rigide, dans le prolongement de l'axe. Or, les recherches que nous avons poursuivies sur les zoospores d'*Hæmatococcus pluvialis*, par la méthode à la nigrosine de Deflandre et accessoirement par celles de Löffler et Casarès-Gil, nous permettent au contraire d'affirmer que chez cette espèce les fouets sont pleuronématés, c'est-à-dire qu'ils présentent des filaments fins, insérés sur les côtés du flagelle avec toutefois une disposition assez particulière.



Hæmatococcus pluvialis. Préparation à la nigrosine. *a*, macrozoospore ; *b*, microzoospore.

Ainsi que le montre la figure ci-jointe, chacun d'eux porte, le plus souvent, un très long filament sur sa base et un autre sur son sommet. Celui de la base peut faire défaut ou n'être qu'incomplètement développé. Entre les deux, s'intercalent assez souvent d'autres filaments plus courts.

Tous ces filaments sont dirigés vers l'avant, insérés sur le bord antérieur du

(*) Séance du 8 juin 1949.

fouet en une seule rangée. Leur insertion paraît se faire sur un petit granule constitué par un renflement plus ou moins distinct du fouet ([1]).

2. Les macrospores de l'*Hæmatococcus pluvialis* sont toujours nettement isocontes, c'est-à-dire que les deux flagelles égaux sont pareillement dirigés vers l'avant, comme cela est la règle chez toutes les Chlorophycées à très peu d'exceptions près.

Chez les microzoospores, on note une certaine tendance à la disposition amphiconte dans laquelle un flagelle est dirigé vers l'avant, l'autre rabattu vers l'arrière. Les petites zoospores peuvent en effet se présenter avec deux modes de position des flagelles : soit comme chez les macrozoospores, les deux fouets étant dirigés en avant, soit, suivant une disposition qui est particulière à ce stade du développement, avec l'un des fouets en arrière.

Ainsi, la Volvocale *Hæmatococcus pluvialis* offre deux particularités remarquables par rapport aux autres Volvocales :

1° Ses deux fouets sont également pleuronématés.

2° Isoconte dans les grandes formes mobiles, la disposition tend parfois à être amphiconte dans les formes mobiles les plus petites.

MYCOLOGIE. — *Sur les corps appressorioïdes de certains Ascomycètes et sur le déterminisme de leur formation.* Note (*) de M. et Mme **Jean Guérillot-Vinet**, MM. **Lucien Guyot** et **Jacques Montégut**, présentée par M. Roger Heim.

Chez certains Ascomycètes, le mycélium, observé en nature ou étudié en culture, émet parfois des diverticules latéraux (plus rarement intercalaires ou terminaux), d'aspect en général digitiforme, à membrane fréquemment plus épaisse et plus intensément colorée que celle du filament qui les engendre; assez souvent, ces diverticules sont pourvus d'un point clair dans leur partie centrale. Ces organes, connus depuis longtemps (de Bary), ont été décrits pour la première fois avec précision, chez *Leptosphæria herpotrichoides* et *Ophiobolus graminis* parasites des Graminées, par L. Mangin (1899) qui les nomme *ampoules perforatrices* parce qu'il s'en détache un prolongement qui perfore l'épiderme et pénètre dans la plante hospitalière (le point clair étant en ce cas la projection du tube de pénétration); L. Mangin a également noté que ces ampoules peuvent parfois s'accoler les unes aux autres en prenant un contour polyédrique et en constituant de petites plages de faux parenchyme

---

([1]) La même structure flagellaire s'observe chez la Phytomonadine représentée photographiquement, d'après une préparation à la nigrosine, sur la figure 33, p. 40, du tout récent Ouvrage de L.-J. Laporte, *Panorama du micromonde*. Il s'agit malheureusement d'une espèce indéterminée, sur laquelle l'auteur ne donne aucun détail, peut-être de l'*Hæmatococcus* lui-même.

(*) Séance du 23 mai 1949.

(*plaques d'adhérence*). Plus tard, E. Krüger (1908) et E. Foëx (1918) sont revenus sur la description de ces organes qui, au double point de vue morphologique et fonctionnel, présentent d'étroites analogies avec les *appressoria* des Erysiphacées et sont également tout à fait comparables aux *stigmopodies* et aux *stomopodies* que G. Arnaud a étudiées chez les Astérinées.

Les *appressoria* et formations mycéliennes homologues sont particulièrement développés chez les champignons épiphytes évoluant sur des organes coriaces : pétioles et rameaux, feuilles persistantes, gaines et chaumes des Graminées, Cypéracées et Joncacées. Nous en avons souvent reconnu la présence chez divers organismes fongiques parasites de Monocotylédones vivaces : *Hendersonia stipæ-pennatæ* sur *Stipa pennata*, *Stagonospora aquatica* sur *Carex hirta*, *Stagonospora subseriata* sur *Molinia cærulea*, etc.

La production d'*appressoria* est une remarquable convergence, sur le plan morphologique, d'espèces fongiques appartenant à des groupes systématiques très différents; E. Foëx a noté que les Fumagines astérinoïdes présentent de très grandes analogies structurales avec les organismes qui déterminent le Piétin des céréales. Très vraisemblablement, ce phénomène exprime une réaction du champignon à l'égard de certaines circonstances particulières de croissance, parmi lesquelles les mycologues sont unanimes à reconnaître l'influence exercée par la présence d'un obstacle s'opposant au développement normal de l'organisme. L. Mangin a constaté la présence des ampoules perforatrices de *Leptosphæria herpotrichoides* sur le réseau mycélien en surface des gaines foliaires et des chaumes, qu'il s'apprête à pénétrer par un phénomène purement mécanique. Nous mêmes avons reconnu, pour ce même champignon, une particulière fréquence des corps appressorioïdes dans les cultures âgées (1 à 3 mois) sur milieu gélosé, au contact des parois de verre du récipient; avant nous, E. Foëx avait noté l'absence des *appressoria* dans les cultures jeunes sur gélose, « sans doute parce que le contact d'un corps dur est nécessaire pour que ces éléments se constituent ». Selon G. Arnaud, les *stomopodies* des Parodiopsidées sont localisées sur les filaments mycéliens qui pénètrent à l'intérieur de l'hôte en passant par l'ostiole des stomates, de la même façon que les *appressoria* des Erysiphacées apparaissent sur les portions de mycélium qui se préparent à percer la cuticule du support.

Certaines observations récentes nous laissent penser que la formation des corps appressorioïdes chez les Ascomycètes peut éventuellement résulter aussi bien d'une inhibition physiologique que d'un obstacle mécanique. A la suite de la contamination accidentelle d'une culture de *Leptosphæria acuta* (isolé d'*Urtica dioica*) par quelques spores de *Fusarium lateritium* (=*Gibberella baccata*) (isolé de *Clematis vitalba*), nous avons constaté une action inhibitrice nette du second organisme sur le premier, le mycélium du *Leptosphæria* étant lysé au centre de la culture et stoppé sur son pourtour en une auréole vert olivâtre. Au microscope, cette auréole révéla la présence d'anses mycéliennes bientôt

isolées du reste du mycélium par une cloison et acquérant une coloration brunâtre accentuée, pour revêtir enfin l'aspect de diverticules latéraux en forme de ventouse et d'apparence appressorioïde évidente; ces anomalies mycéliennes nous sont apparues localisées dans les parties de la culture où les mycéliums des deux champignons étaient en contact intime. A plusieurs reprises, des *appendices latéraux* et des *varices* avaient été déjà signalés dans des cultures associées de champignons, aux points de contact des deux mycéliums, tout récemment (1949) par A. Mezzetti dans le cas d'une culture mixte *Melanospora damnosa* + *Fusarium culmorum*.

Dans une culture de *Leptosphæria acuta* inhibée à distance (13 à 15^{mm}) par une culture de *Gibberella baccata*, nous avons reconnu des anomalies d'un autre ordre, aboutissant à la formation de condensations corpusculaires parfois simples, plus souvent doubles ou même complexes, exclusivement localisées dans la zone d'inhibition. Cette dernière observation nous paraît devoir être rapprochée des conclusions récentes (1946) de M. J. de Urries, selon lesquelles le mycélium de *Leptosphæria cavanillesii*, qui demeure stérile en culture pure, donne lieu à la formation de conceptacles ascogènes en culture inhibée par *Actinomyces* sp.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur le québrachitol des Sapindacées et Hippocastanacées, le dulcitol des Célastracées et le saccharose de quelques autres familles.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans plusieurs Notes ([1]) j'ai signalé la présence de québrachitol chez quelques Sapindacées et Acéracées, et de dulcitol chez quelques Célastracées. Ces deux itols n'ont pas été rencontrés dans les familles voisines appartenant au groupe des Sapindales.

Le présent travail a pour but d'examiner d'autres espèces de Célastracées et Sapindacées, et de reprendre l'étude des Hippocastanacées (voisines de ces dernières) dans lesquelles je n'avais pas trouvé de québrachitol. En outre, ces recherches ont été étendues à quelques familles proches des Sapindacées et Célastracées, mais qu'Engler range parmi les Géraniales et Rhamnales.

J'ai utilisé la méthode déjà décrite ([1]) d'épuisement du matériel sec par l'acétone; les rameaux des *Æsculus* ont été traités par épuisement d'un extrait aqueux fermenté et déféqué incorporé à du sable. Les substances obtenues, québrachitol, dulcitol, saccharose, ont été identifiées par leur forme cristalline, quelques solubilités, et leur point de fusion (sans dépression après mélange avec un produit de référence). En outre, le saccharose a été vérifié par son hydrolyse diastasique et sa caramélisation, le québrachitol par sa

([1]) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1842; **227**, 1948, p. 85 et 225.

sublimation et dans la plupart des cas par son pouvoir rotatoire et le dosage de sa fonction méthoxylée.

Le québrachitol a été isolé des Sapindacées suivantes : *Cardiospermum halicacabum* L. (rameaux); *Alectryon excelsum* Gaert., *Harpullia pendula* Planch. [rameaux, feuilles, fin septembre ([2])]. Le rendement, très faible chez le *Cardiospermum*, a atteint 2^g,2 brut pour 100^g de feuilles sèches d'*Alectryon*, 1^g,75 pour celles d'*Harpullia*. Une Rutacée, le *Toddalia aculeata* Pers. que Linné rangeait parmi les Sapindacées sous le nom de *Paullinia asiatica*, n'a pas fourni de québrachitol, ce qui confirme la place de cette espèce à essence et à berbérine parmi les Rutacées.

Le québrachitol n'avait pas encore été signalé chez les Hippocastanacées; je soupçonnais sa présence en raison de la parenté, rappelée plus haut, de cette famille avec les Sapindacées. Après plusieurs essais infructueux, notamment sur du matériel récolté vers la fin de l'été, j'ai pu l'extraire de quatre espèces : *Æsculus hippocastanum* L. (rameaux au début de mars, folioles fin avril); *Æ. Pavia* L. (rameaux, folioles, en avril); *Æ. flava* Ait., *Æ. californica* Nutt. (folioles en mai). Son obtention est plus difficile que chez les Sapindacées : cristallisation tardive en liqueur acétonique, teneur souvent faible (rendement maximum obtenu : 0^g,15 pour 100^g de folioles sèches d'*Æ. Pavia*). De plus, j'ai isolé l'allantoïne des rameaux d'*Æ. hippocastanum* et *Æ. flava* (identifiée par son point de fusion, son dérivé xanthylé et l'action du réactif de Nessler). Sa présence était déjà connue chez l'*Æ. hippocastanum* (Schulze et Bosshard, 1885).

Le dulcitol a été isolé de toutes les Célastracées examinées : *Euonymus alatus* Regel, *E. Bungeanus* Maxim., *E. Carrierei* Vauvel, *E. europæus* L., *Celastrus acuminatus* L., *C. gemmata* Loes., *C. paniculatus* Willd., *C. scandens* L. (feuilles); *C. buxifolius* L. (= *Gymnosporia buxifolia* Szysz.) (rameaux); *Catha edulis* Forsk., *Maytenus Boaria* Molina (rameaux, feuilles). Sa présence avait déjà été signalée dans plusieurs *Euonymus* et *Celastrus*, parmi lesquels *E. Bungeanus* (écorces) et deux variétés d'*E. europæus* (feuilles) ([1]). Il a également été isolé du *Tripterygium Wilfordii* Hook. par Chou et Mei en 1936. Enfin, M. Dussy l'a retrouvé dans le *Gymnosporia senegalensis* Loes. en octobre 1947 (travail non publié). Ainsi, la répartition du dulcitol chez les Célastracées dépasse le cadre des genres *Euonymus* et *Celastrus* pour s'étendre, semble-t-il, à toute la famille.

Je n'ai obtenu ni québrachitol, ni dulcitol en examinant diverses plantes appartenant aux familles des Rutacées, Simarubacées, Méliacées (Géraniales), Rhamnacées, Vitacées (Rhamnales). A l'exception des feuilles de plusieurs

---

([2]) Les *Cardiospermum, Alectryon, Harpullia, Gymnosporia, Catha, Maytenus* m'ont été envoyés en septembre 1948 par la Station de Botanique et de Phytopathologie du Cap d'Antibes.

Rhamnus et *Vitis*, toutes les espèces étudiées, énumérées ci-dessous, ont permis d'extraire du saccharose cristallisé (quelques Célastracées en ont également fourni, en plus du dulcitol) :

Rutacées : *Evodia Daniellii* Hemsl., *Citrus trifoliata* L. (écorces); *Zanthoxylum alatum* Roxb., *Choisya ternata* Kunth, *Ptelea trifoliata* L., *Phellodendron Lavallei* Dode, *Skimmia japonica* Thunb., *S. Reevesiana* Fort. (feuilles).

Simarubacées : *Ailanthus altissima* Swingle (écorces, feuilles).

Méliacées : *Cedrela sinensis* Juss. (écorces, feuilles).

Rhamnacées : *Paliurus spina-Christi* Mill., *Ceanothus cœruleus* Lag. (feuilles).

Célastracées : *Euonymus Bungeanus*, *E. radicans* Sieb. et Zucc., *E. yedoensis* Frœbel, *Celastrus gemmata*, *C. orbiculatus* Thunb., *C. rosthornianus* Loes. (feuilles).

Ainsi, la présence de québrachitol chez les Sapindacées, Hippocastanacées et Acéracées affirme la parenté de ces trois familles que la systématique a placées côte à côte. Dans l'état actuel de nos connaissances, elles forment un groupe distinct des autres familles dépourvues de québrachitol; peut-être constituent-elles une unité phylogénétique. De même, le dulcitol donne aux Célastracées une individualité qui les sépare des familles voisines.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Titrage du virus de la Mosaïque du Tabac* (Marmor Tabaci *Holmes*) *dans les organes aériens de Tabacs infectés*. Note (*) de MM. **Pierre Limasset**, **Pierre Cornuet** et **Yves Gendron**, présentée par M. Joseph Magrou.

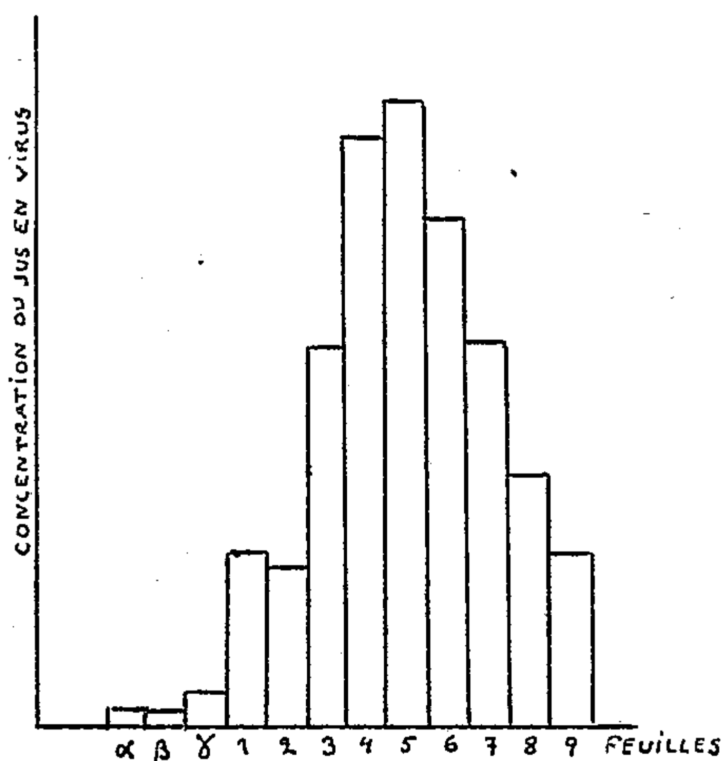
On sait depuis longtemps que la teneur en virus des feuilles de Tabacs infectés par le virus de la Mosaïque du Tabac est fonction de l'âge de ces dernières. On a souvent noté, en particulier, que les feuilles âgées étaient pauvres en virus.

Reprenant cette étude par les techniques courantes (broyage des tissus au mortier et titrage du virus dans les jus, soit par la méthode sérologique, soit par la méthode des lésions locales), nous sommes arrivés à des résultats concordant avec les données classiques. Les plus fortes concentrations en virus correspondaient aux jus extraits de feuilles encore jeunes, et en voie de croissance active, soit généralement la cinquième feuille en comptant, à partir du sommet, les feuilles déjà dégagées du bourgeon terminal. Les jus extraits des feuilles de base, chez des plantes âgées de deux mois, contenaient par contre environ quatre fois moins de virus que les précédents. Le graphique 1 illustre ces constatations.

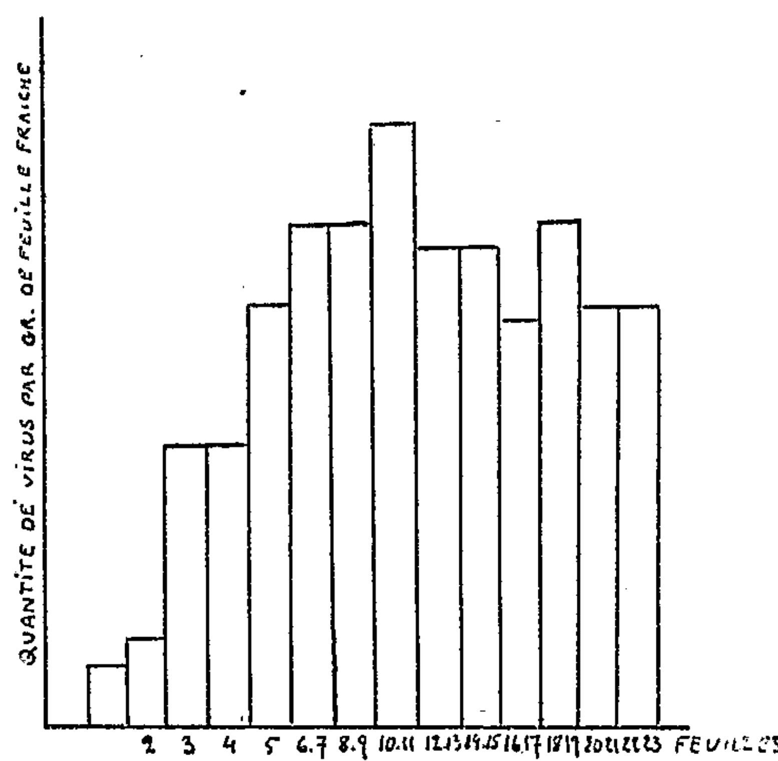
Il était permis de se demander si les variations observées de la teneur en virus des jus ainsi extraits donnaient une image exacte de celles de la quantité

(*) Séance du 8 juin 1949.

de virus totale par unité de poids de chaque organe. Bawden et Pirie (1946) ont, en effet, montré que les jus extraits après broyage de feuilles ne contenaient qu'une partie du virus existant dans les tissus, de nouvelles fractions très importantes, supérieures au double de celles qui passent dans le jus, pouvant être libérées de la fibre restante en faisant subir à celle-ci une digestion en présence d'enzymes extraits du tube digestif de l'Escargot. Il nous parais-



Graphique 1.
αβγ représentent des feuilles incluses dans le bourgeon.



Graphique 2.

sait donc indispensable d'extraire le virus d'une façon aussi complète que possible, de façon à être en mesure d'évaluer la quantité totale contenue dans chaque feuille. Ceci nous a conduits à éprouver la technique de Bawden et Pirie (1). Nous avons constaté, à cette occasion, qu'en augmentant considérablement la finesse du broyage par l'usage d'un broyeur à hélice tournant à 12000 t/m, l'extraction du virus pouvait être poussée plus loin encore et presque doublée. Par ailleurs, la presque totalité du virus pouvait être extraite dans ces conditions par simple rinçage de la fibre et des divers culots de centrifugation avec de l'eau : le surplus libéré par les enzymes n'atteignait pas le quarantième de la quantité totale, alors qu'il représentait le tiers lorsque le broyage était effectué au mortier avec rinçage préalable de la fibre à l'eau pure. L'usage du broyeur à hélice nous mettait donc à même de titrer le virus total avec une précision satisfaisante sans introduire la complication nécessitée par l'usage des enzymes.

Les résultats sont portés sur le graphique 2 qui indique, pour chaque feuille, la proportion de virus par unité de poids frais. Ils se distinguent nettement de ceux du graphique 1, en ce qui concerne la partie droite correspondant aux

(1) *Brit. Journ. Exp. Path.*, 27, 1946, p. 81-90.

feuilles âgées. Les quantités de virus extraites de ces dernières restent alors assez voisines de celles des feuilles les plus riches, bien que cependant légèrement inférieures. La partie gauche de la courbe conserve la même allure. La teneur en virus diminue rapidement lorsqu'on remonte de la septième feuille aux feuilles plus jeunes situées au voisinage du bourgeon terminal. Nous reviendrons, dans une Note ultérieure, sur cette importante question.

On est amené à se demander pourquoi les feuilles âgées, bien que riches en virus, fournissent un jus pauvre. Ceci s'explique en partie par la plus grande quantité de suc vacuolaire contenu dans ces organes par rapport au cytoplasme. Le virus étant localisé dans ce dernier il en résulte une dilution plus grande. Par ailleurs le squelette est un peu plus développé et retient, après broyage, plus de cytoplasme riche en virus. Les enzymes de l'Escargot, qui paraissent essentiellement constitués par des cellulases, agiraient surtout en complétant la dislocation des tissus, l'importance de leur action diminuant lorsque la finesse du broyage augmente. Il ne nous paraît donc pas indispensable de supposer l'existence d'une fraction de virus dite liée, libérée seulement grâce aux enzymes, par opposition à la fraction dite libre, directement libérée dans le jus. Nous n'oserions cependant prétendre que les faits relatés prouvent l'inexistence de toute liaison d'une fraction du virus, celle-ci pouvant être supposée rompue par une action mécanique brutale.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La diffusion d'un antigène dans une colonne de gel contenant les anticorps précipitants homologues. Étude quantitative des trois principales variables.* Note de M. **Jacques Oudin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On laisse diffuser l'antigène (ovalbumine de Poule) dans une colonne de gel (tubes de 3^{mm} environ de diamètre intérieur) contenant pour moitié de son volume de l'immunsérum homologue de Lapin, pur ou dilué dans du sérum de Lapin neuf [1]. Afin d'éliminer autant que possible les variables autres que le temps et les concentrations initiales de l'antigène et des anticorps : 1° l'antigène est en solution salée (Cl Na) à 0,85 % ; 2° nous nous sommes assuré que l'influence non spécifique des deux sérums de Lapin sur la pénétration du précipité, dans un autre système précipitant, était la même; 3° les tubes sont placés et les mesures faites dans une chambre où la température est maintenue entre 22°,5 et 24°C. Les gels contiennent 0,2 % d'agar-agar sec.

La frontière inférieure de la zone de précipitation de l'ovalbumine est très précise. Nous avons mesuré à $0^{mm},05$ près, après des temps variables de

(1) Voir *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 115 et *Ann. Inst. Pasteur*, 75, 1948, p. 30 et 109.

1 heure à 15 jours la distance (variable de 0,3 à 33mm) de cette frontière à l'interface, dans 23 tubes, où g (double de la concentration de la couche supérieure, liquide, en millièmes de milligramme d'azote d'ovalbumine par centimètre cube) variait de 31,6 à 10000, et a (double de la concentration du milieu gélifié en anticorps, exprimée en millimètres cubes d'immunsérum pur par centimètre cube) variait de 31,6 à 1000, la raison de la progression géométrique de la concentration de chaque réactif dans les tubes d'une même série étant $\sqrt{10}$.

Les distances h de la frontière à l'interface se montrent proportionnelles à la racine carrée du temps t d'une manière satisfaisante bien que la concentration de l'antigène dans la couche supérieure liquide ne reste évidemment pas constante.

Nous avons calculé par la méthode des moindres carrés la valeur la plus probable de $p = h/\sqrt{t}$ pour chaque tube, à partir de 12 à 17 mesures (h en millimètres et t en minutes). La courbe des variations de p en fonction de $\log g$ est, pour chacune des quatre valeurs de a étudiées, très rapprochée d'une droite, ce qui confirme la loi trouvée par Stiles ([2]) avec des réactifs minéraux; soit g_0 la valeur (extrapolée) de g pour laquelle $p = 0$, on a donc sensiblement, pour chaque valeur de a,

$$p = \gamma \log \frac{g}{g_0}, \tag{1}$$

où γ est un coefficient > 0 qui, calculé par la méthode des moindres carrés à partir des valeurs les plus probables de p, varie de 0,092 à 0,075 quand $\log a$ varie de 3 à 1,5.

La courbe des variations de p en fonction de $\log a$ est, pour chacune des six valeurs de g étudiées, très rapprochée d'une droite; soit a_0 la valeur (extrapolée) de a pour laquelle $p = 0$; on a donc sensiblement pour chaque valeur de g,

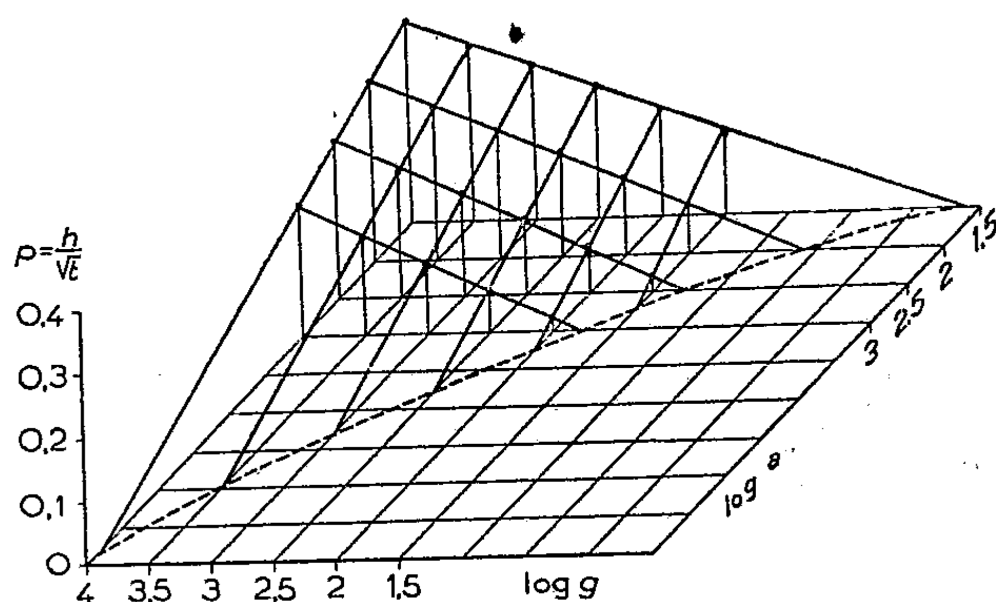
$$p = \alpha \log \frac{a}{a_0}, \tag{2}$$

où α est un coefficient < 0 qui, calculé par la méthode des moindres carrés à partir des valeurs les plus probables de p, varie de $-0,072$ à $-0,100$ quand $\log g$ varie de 4 à 1,5. L'adaptation des résultats aux équations (1) et (2) n'est pas parfaite mais semble entachée d'une déviation systématique légère, les points expérimentaux paraissant se ranger le long d'une courbe très tendue, à légère convexité supérieure.

Puisque γ et a ne sont pas constants, la surface représentative des valeurs de p (*fig.* 1) n'est pas un plan, mais se rapproche d'un paraboloïde hyperbolique et son intersection avec le plan des $\log g$ $\log a$ (courbe des valeurs de $\log a_0$ et

([2]) *Biochem. J.*, 14, 1920, p. 58.

$\log g_0$) est théoriquement une branche d'hyperbole; la courbe expérimentale se rapproche cependant d'une droite dans la partie moyenne de l'expérience, où les valeurs des rapports g/a_0 et g_0/a sont un peu inférieures à celle que



donne la recherche de l'équivalence des deux réactifs dans la précipitation spécifique en milieu liquide (environ 56 millièmes de milligramme d'azote d'ovalbumine pour 1^{cm^3} d'immunsérum, au lieu de 75).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Isolement de deux acides mycoliques isomères de* Mycobacterium tuberculosis, var. hominis (¹). Note de MM. **Jean Asselineau** et **Edgar Lederer**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'acide mycolique est un acide aliphatique ramifié, de haut poids moléculaire, qui a été isolé pour la première fois du bacille tuberculeux humain par Anderson (²). La constitution de cet acide est encore mal connue, malgré sa relative abondance dans les lipides de ce bacille. Anderson (³) a proposé la formule brute suivante : $C_{86}H_{171}\left\{\begin{array}{l}-OCH_3\\-OH\\-COOH\end{array}\right.$ mettant toutefois en doute l'homogénéité des préparations étudiées.

A partir de cires purifiées de deux souches de *M. tuberculosis, var. hominis* : souche *Test* (Institut Pasteur) et souche *Æschbacher* (Professeur F. Roulet, Bâle), nous avons préparé, selon la technique d'Anderson, deux échantillons d'acide mycolique, que nous avons ensuite purifiés par chromatographie sur alumine.

L'acide mycolique est adsorbé sur l'alumine; une élution différentielle peut être effectuée avec de l'éther contenant des quantités croissantes d'acide

(¹) Deuxième communication sur les constituants du bacille tuberculeux; pour la première communication *voir* (²).

(²) F. H. Stodola et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 114, 1936, p. 468.

(³) F. H. Stodola, A. Lesuk et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 126, 1938, p. 505.

acétique. Nous avons ainsi obtenu deux fractions principales, différant par leur point de fusion :

Exemple : chromatographie de 1585^{mg} d'acide mycolique (provenant de bacilles Æschbacher) sur 32^{g} d'alumine (activité II).

a.	150$^{cm^3}$	benzène	14,5^{mg}
b.	150	éther (purifié, sans alcool)	4
c.	150	éther » »	
d.	150	éther, simplement distillé	8
e.	150	éther-acide acétique 0,1 %	322,5
f.	200	» » 0,1	571
g.	200	» » 0,1	268
h.	200	» » 0,3	194
i.	200	» » 0,5	74
k.	200	» » 1,0	63
		Total	1 523^{mg} (96,0 %)

Les fractions *e*, *f* et *g* présentent un point de fusion de 55-56°, la fraction *h* de 57-58°,5 et la fraction *i*+*k* de 62-64° ([4]). En répétant la purification chromatographique des fractions *e*+*f*+*g* d'une part, et de *i*+*k* d'autre part, nous avons finalement obtenu deux substances chromatographiquement homogènes, fondant respectivement à 55-56° et 71-73°, après précipitation de la solution éthérée par le méthanol. Nous proposons de les appeler *acides* α- et β-*mycoliques*. L'acide β-mycolique ne constitue qu'environ 10 % du mélange initial.

	Acide α-mycolique.	Acide β-mycolique.
Point de fusion	55-56°	71-73°
Sel de potassium	Soluble dans l'éther	Presque insoluble dans l'éther
$[\alpha]_D$ ($CHCl_3$)	+1°,8 ± 0,5	+2,3° ± 0,5
Poids moléculaire (déterminé par titrage)	1 280; 1 290 ± 50	1 290, 1300 ± 50
Analyse	C 81,47 %, H 13,28 % —OCH_3 2,36 %	C 81,27 %, H 15,52 % —OCH_3 2,16 %
Calculé pour $C_{88}H_{176}O_4$	C 81,40 %, H 13,66 % —OCH_3 2,39 %	
Ester méthylique	F 43-46°	F 52-55°
Acétate de l'acide libre	F 40-42	F 44-48
Ester méthylique de l'acétate	F 33-35	F 42-44
Alcool mycolique [par réduction de —COOH en —CH_2OH (2)]	F 50-53	F 60-63
Acide anhydro-mycolique (2)	F 39-41 C 82,68 %, H 13,46 % 82,58 13,55	F 39-41 C 82,89 %, H 13,59 %
Calculé pour $C_{88}H_{174}O_3$	C 82,55 %, H 13,69 %	

([4]) Communication au 8ᵉ Congrès de Chimie biologique, Paris, oct. 1948; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1949 (sous presse).

Le tableau précédent montre quelques propriétés de ces deux acides et de leurs dérivés. La déshydratation des deux acides par ébullition dans l'anhydride acétique ([5]) semble donner le même *acide anhydro-mycolique*, ce qui, joint aux données analytiques, laisse entendre qu'ils sont isomères.

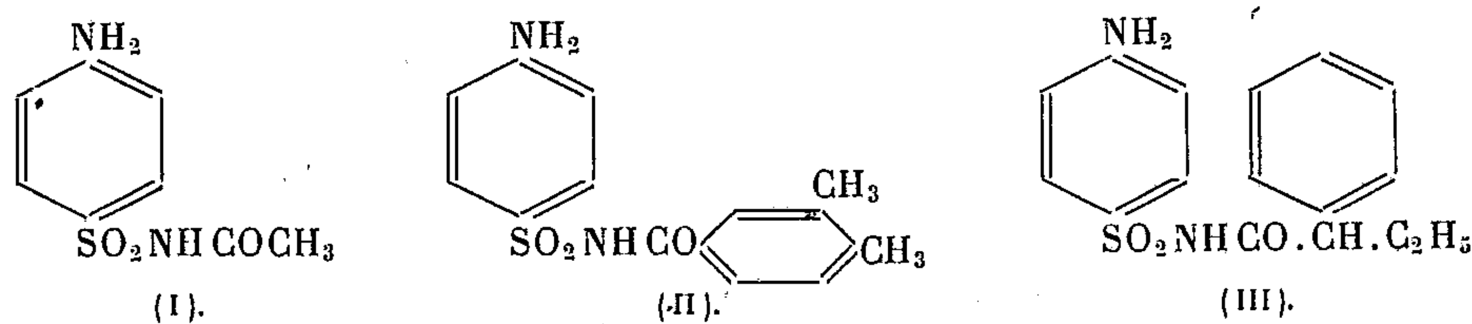
Ces deux acides mycoliques sont acido-résistants et libèrent tous les deux de l'acide *n*-hexacosanoïque par pyrolyse ([4]).

En résumé, nous avons préparé par chromatographie sur alumine deux acides mycoliques probablement isomères, l'un, acide *α-mycolique*, F 55-56°; l'autre, acide β-mycolique, F 71-73°.

SULFONAMIDES STÉRÉOISOMÉRIQUES. — N_1-*phényl-éthyl-acétylsulfanilamides racémique, dextrogyre et lévogyre*. Note (*) de MM. **Bjarne Samdahl** et **Berit Berg**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il est bien connu qu'il y a très souvent une grande différence entre les formes droite et gauche des isomères optiques au point de vue de leur action physiologique. On sait aussi que certaines moisissures et certaines bactéries peuvent consommer, pour les besoins de leur subsistance, l'un des deux inverses optiques et laisser l'autre intact en tout cas en premier lieu.

Les substances des microbes, ici en jeu, sont très vraisemblablement les enzymes. Suivant les travaux de Woods, Fildes et autres, on admet que les sulfonamides interviennent dans un complexe enzymatique favorable au développement des germes. Il nous a donc paru intéressant de rechercher s'il y a également dans la série des sulfonamides des différences d'action physiologique des stéréoisomères ([1]). A cette fin nous avons préparé le N_1-phényléthylacétyl-



([5]) Tous les points de fusion de cette Note, pris au bloc Berl, en capillaires scellés, sont corrigés.

(*) Séance du 8 juin 1949.

([1]) Nous tenons à faire remarquer que sont déjà mentionnés dans un brevet [E. H. Stuart-U. S. 2117260 (1938)], le N_4-mandélylsulfanilamide et son dérivé acétylé, ainsi que leurs formes droites, gauches et racémiques. Cependant les points de fusion et les pouvoirs rotatoires ne sont pas décrits, pas plus qu'il n'est question de comparaison entre les activités physiologiques des formes stéréoisomériques. Ces corps ont, suivant ledit brevet, une action préventive et curative très efficace vis-à-vis de différentes infections.

sulfanilamide (III) tant pour comparer l'action antibactérienne de ses formes stéréoisomériques que pour éventuellement obtenir par cette voie des produits actifs vis-à-vis des bactéries résistant aux sulfonamides usuels.

Si nous avons choisi de préparer justement ce composé (III) c'est à cause de sa ressemblance avec le N_1-acétylsulfanilamide (*Albucid*) (I) et avec le N_1-3.4-diméthylbenzoylsulfanilamide (*Irgafen*) (II), tous deux bien connus et trés utilisés en thérapeutique; ils ont en outre le grand avantage de donner des sels alcalins neutres en solution aqueuse.

L'acide phényléthylacétique peut être préparé par action d'un halogénure d'éthyle sur le cyanure de benzyle sodé, suivie d'hydrolyse, ou par hydrolyse d'acide phényléthylbarbiturique. L'acide racémique a été dédoublé par cristallisations fractionnées des sels cinchonidiniques dans l'alcool à 50°. Le sel d'acide droit, le moins soluble, a été obtenu à l'état de pureté après huit recristallisations répétées, puis l'acide phényléthylacétique droit a été mis en liberté par acidification. Des eaux mères nous avons récupéré l'acide gauche pur.

Les acides N_1-phényléthylacétiques racémique, droit et gauche, ont été transformés en chlorures d'acide et condensés avec le N_4-acétylsulfamide en présence de pyridine suivant la méthode usuelle.

L'hydrolyse du composé racémique a été effectuée à l'aide de la soude, méthode inutilisable pour le composé droit qui se racémise rapidement et complètement par chauffage avec de la soude. L'hydrolyse par l'acide chlorhydrique en milieu alcoolique, dans des conditions déterminées, donne les sulfonamides dextrogyre et lévogyre à l'état pur.

La préparation d'autres types de sulfonamides stéréoisomériques est à l'étude ainsi que celle des dérivés amino-hydroxy- et alcoxy-phényléthyl- et méthylacétiques.

Les essais bactériologiques préliminaires ont été effectués par le Docteur H. O. Borgen, Maître de Conférences de bactériologie à notre Institut et par le Docteur Haadem à l'Institut bactériologique de l'Université d'Oslo (Kaptein Wilhelsmsen og frues Institut). *Technique de K. A. Jensen* : sur pneumocoques et Klebsiella : activité nulle. *En bouillon ascite glucosé* : sur streptocoque, action manifeste, surtout pour la forme gauche. *En bouillon phosphatique* : sur streptocoque, les trois dérivés phényléthylacétiques sont aussi actifs qu'Albucid et Irgafen; sur pneumocoque : moins actifs; sur staphylocoque, activité nulle. La suite des recherches biologiques est en cours.

N_1-*phényléthylacétylsulfanilamide racémique*. — Aig. incol. F 210-212° corr. Solubilités : très faible dans eau; faible dans éther; sol. dans 25-30 p. alc. bouillant, 200 p. alc. froid, 1/20 acétone. Sel Na sol. dans 3 p. eau. Diazote et copule avec : thymol (col. rouge), α et β-naphtol (violet), résorcine (rouge foncé). Par condensation avec l'aldéhyde *p*-diméthylaminobenzoïque en milieu trichloracétique, combinaison jaune qu'épuise le chloroforme. Hydrolysé par la soude et acidifié donne acide phényléthylacétique F 41-42°.

N_1-*phényléthylacétylsulfanilamide droit* $[\alpha]_D = +126°$ (alc. 95°), $c = 0,5080$ et $[\alpha]_D^{19} = +120,5°$ (acétone), $c = 0,300$. Aig. fines, incol. et inod. Contrairement au composé racémique, ce corps se décompose vers 190°. F 195-197° (inst.). Très peu sol. dans eau, sol. dans alcool et surtout acétone. N_1-*phényléthylacétylsulfanilamide gauche*. Aig. fines, incol. inod. F 195-198° (inst) $[\alpha]_D^{14} = -126°,2$ (alc. 95°), $c = 0,495$ $[\alpha]_D^{14} = -120°,8$ (acétone), $c = 2,400$.

Les réactions chimiques de tous ces dérivés sont naturellement identiques.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17h35m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 7 février 1949.)

Note présentée le 24 janvier 1949, de M. *Stefan Procopiu*, Une nouvelle théorie élémentaire des courbes d'aimantation :

Page 475, dans la formule (1), *au lieu de* $\frac{4}{\sqrt{\pi}} \frac{N}{H_c^2}$, *lire* $\frac{4}{\sqrt{\pi}} \frac{N}{H_c^3}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUIN 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Giorgio Abetti**, Directeur de l'Observatoire d'Arcetri, **Paul Bourgeois**, Directeur de l'Observatoire royal de Belgique, **Godofredo Garcia**, Doyen de la Faculté des Sciences de Lima, **Bertil Lindblad**, Directeur de l'Observatoire de Stockholm, **Francesco Severi**, Directeur de l'Institut de Haute Mathématique, à Rome, qui assistent à la séance.

Notice nécrologique sur M. Emmanuel Constantin Teodoresco (1866-1949), par M. **Raoul Combes**.

E. C. Teodoresco, Correspondant de l'Académie pour la Section de Botanique depuis le 28 avril 1939, était né à Siminicea, dans le district de Botosani, en Roumanie, le 10 mai 1866. Il est mort le 25 avril 1949.

A la fin de ses études supérieures, il était venu demander aux maîtres de la Faculté des Sciences de Paris l'initiation à la recherche scientifique. Ses premiers travaux furent entrepris au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne et au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau sous la direction de Gaston Bonnier. Il reçut de ce dernier, à la fois sa formation de chercheur et une orientation qui devait marquer profondément son activité scientifique. A l'époque où le jeune Teodoresco entrait dans son laboratoire, Gaston Bonnier venait d'ouvrir à la recherche une voie nouvelle qui l'avait conduit à créer cette partie de la Biologie végétale, la Morphologie expérimentale. De nombreux biologistes s'étaient engagés à sa suite dans cette voie; Teodoresco fut parmi ces jeunes chercheurs qui, sous l'impulsion de Gaston Bonnier, réunirent les premières données expérimentales relatives à l'action morphogène qu'exerce le milieu sur les végétaux.

Il débute par des recherches sur les modifications que subissent le fonctionnement physiologique, la structure et la forme des plantes supérieures vertes lorsqu'on les soumet comparativement aux actions de diverses radiations lumineuses. Il montre combien il est nécessaire, dans ces sortes de recherches, de distinguer avec précision les actions de la radiation sur la nutrition carbonée, sur la multiplication cellulaire et sur l'élongation des cellules, et il précise les différences des réactions de ces trois formes de l'activité physiologique ou morphogène sous l'action des diverses radiations. D'autre part, il établit que les radiations vertes provoquent l'apparition de caractères histologiques rappelant ceux que présentent les organes développés à l'obscurité ; allongement excessif de la tige et des pétioles, réduction de la surface et de l'épaisseur des feuilles, tandis que les radiations les plus réfrangibles permettent une différenciation des tissus voisine de celle que présentent les plantes recevant de la lumière blanche.

Dans une autre série de recherches expérimentales, il étudie comment se construisent à l'obscurité des extrémités de tiges feuillées portées par des plantes dont une partie des organes chlorophylliens sont laissés à la lumière. Il constate que les organes qui, dans ces conditions, se construisent à l'obscurité à partir de matériaux nutritifs venant d'organes croissant à la lumière, prennent des caractères anatomiques et biochimiques beaucoup plus proches de ceux des plantes exposées en totalité à la lumière que de ceux des plantes exposées en totalité à l'obscurité. Les faits qu'il met ainsi en évidence démontrent que le complexe de substances élaborées à la lumière, qui émigre vers les organes soustraits à son action, leur apporte non seulement les matériaux indispensables à leur croissance, mais par la nature des substances qui le composent et par les concentrations qu'atteignent ses divers constituants, il leur apporte aussi les agents qui en dirigent la construction. Par cette partie de ses recherches, Teodoresco aborde de façon très fructueuse le problème du mécanisme de l'action d'un facteur du milieu sur la morphogénèse.

C'est encore à une question de morphologie expérimentale que s'attaque Teodoresco en étudiant l'action qu'exercent sur les plantes chlorophylliennes des atmosphères présentant des teneurs diverses en gaz carbonique. Il montre que l'air additionné de 2 % de gaz carbonique active l'élongation des tiges, accroît l'épaisseur des feuilles, le volume des espaces aérifères des tissus et provoque une différenciation plus accentuée du tissu palissadique.

Plus tard, étudiant les mouvements des tiges volubiles, il établit que contrairement à l'opinion admise alors, la lumière n'est pas indispensable à la production de ces mouvements.

Par ailleurs, il met en évidence l'action inhibitrice qu'exercent les anesthésiques sur la formation du pigment chlorophyllien.

Nombreux sont les autres problèmes que Teodoresco a étudiés avec succès. Il démontre que chez les plantes vasculaires les tissus de l'écorce ne jouent pas

de rôle important dans la migration des matières organiques. Il met en évidence la résistance des diastases préalablement desséchées à des températures élevées pouvant atteindre dans certains cas près de 200°. Il étudie le rôle des huiles essentielles chez les espèces qui les produisent. A diverses reprises, il s'intéresse à certains groupes d'Algues dont il entreprend l'étude morphologique, physiologique ou biochimique.

Emmanuel Teodoresco était professeur de Physiologie végétale à l'Université de Bucarest. Il était très attaché à notre pays. La plupart de ses travaux scientifiques ont été rédigés en français et ont paru dans les périodiques français. Au cours de sa carrière il a fait de très nombreux séjours en France, revenant aussi souvent qu'il le pouvait dans ce laboratoire de Fontainebleau où il avait effectué ses premiers travaux. Il s'y trouvait encore en 1939, au moment où survint la déclaration de la guerre. Plusieurs de ses élèves y sont venus sur ses conseils s'initier comme il l'avait fait lui-même aux méthodes françaises.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Propriétés fongistatiques d'une Bactérie aérobie sporulée.* Note de MM. **Roger Heim**, **Pierre Fusey** et **Marcel Locquin**.

Au cours de recherches sur les propriétés antibiotiques de certaines substances vis-à-vis des Champignons, nous avons observé dans une boîte de Pétri, sur milieu de Sabouraud, de petites zones stériles autour de colonies bactériennes issues d'une contamination accidentelle. Isolée sur milieu de Sabouraud, cette Bactérie [1] présente les caractères suivants :

Courts bâtonnets, arrondis aux extrémités, très mobiles et, après coloration de Lœffler de même qu'au microscope électronique, ciliés péritriches; prenant le Gram. Les spores, sub-terminales, sont parfois légèrement déformantes (coloration de Botelho et en contraste de phase).

Les mensurations effectuées sur des individus provenant de cultures jeunes et vieilles nous ont donné :

pour des cultures de 24 heures, cellules végétatives $1\text{-}2^{\mu},4 \times 0,6\text{-}0^{\mu},8$, spores $1,3\text{-}1^{\mu},6 \times 0,7\text{-}0^{\mu},8$;

pour des cultures de quelques jours, quelques cellules végétatives plus longues, soit $1,9$ à $4^{\mu},5$.

Sa croissance est assez rapide sur milieu de Sabouraud et sur pomme de terre où elle donne des colonies assez épaisses et relativement peu étendues, d'abord d'un blanc sale, puis jaune brunâtre, très plissées et à bordure nettement découpée. Sur milieu à l'avoine, sa croissance est encore plus rapide et la sporulation très abondante; les colonies, blanches, lisses, très minces, s'étendent largement. Sur milieu au malt le développement est beaucoup plus lent, la colonie s'y montre blanc sale, lisse, formée par de longs filaments microscopiques sinueux. Sur milieu de Sabouraud liquide, elle se développe

---

[1] Nous l'avons cataloguée dans la liste des Cryptogames vivantes conservées au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National, à Paris, sous le n° 1047.

assez lentement : voile après 48 heures, relativement épais, ridulé, collant au verre. Sur bouillon (eau 1000^{cm^3}, asparagine 5^g, glucose 60^g, extrait de levure de bière à 1 % 20^{cm^3}) : voile après 3 jours, sec, très fragile, se roulant sur lui-même une fois rompu.

La température optimum de croissance est voisine de 27° C.

Cette Bactérie ne produit pas d'indol, acidifie les bouillons peptonés additionnés de glucose ou de maltose alors que le bouillon au lactose reste neutre; le milieu au saccharose est acidifié et le saccharose décomposé en sucres réducteurs (présence d'une invertase). La gélatine est liquéfiée.

Cette Bactérie peut se développer en anaérobiose, mais alors bien plus lentement qu'en aérobiose.

Elle présente une remarquable résistance à certains agents destructeurs : les spores résistent à l'ébullition prolongée et à l'alcool éthylique à 50 % ; le formol à la dose de 5 % dans le milieu ne la tue pas, mais la colonie apparaît alors très plissée, de couleur rose, tandis que son pouvoir antibiotique reste intact.

Quoique cette Bactérie appartienne vraisemblablement au groupe *Bacillus brevis*, elle diffère néanmoins par les caractères suivants de la souche de cette dernière Bactérie appartenant au Centre Cabanel :

Chez le *B. brevis*, les éléments végétatifs mesurent $2\text{-}3^{\mu} \times 0{,}5\text{-}0^{\mu}{,}7$, les spores $1{,}8\text{-}2^{\mu}{,}2 \times 0{,}9\text{-}1^{\mu}{,}2$;

Dans les cultures jeunes les cellules végétatives sont plus longues que celles du n° 1047. Au contraire, dans les cultures vieilles de notre Bactérie, on trouve des cellules plus longues alors que les cultures de *B. brevis* n'offrent dans ces conditions que des cellules courtes : $1{,}6\text{-}2^{\mu}$. En outre *B. brevis* n'acidifie pas les milieux sucrés, sauf celui au maltose, et n'intervertit pas le saccharose. On voit donc par ces particularités que les deux bactéries diffèrent nettement.

Essayée vis-à-vis des espèces de la liste-type, établie par deux d'entre nous (H., F.) en vue des essais de contrôle du matériel de télécommunications destiné aux colonies, notre Bactérie n° 1047 s'est montrée active sur toutes les espèces (micro- et macromycètes) qui constituent cette liste (²) :

Thielaviopsis paradoxa (de Seynes) von Höhnel	+++
Sepedonium chartarum Saccas	+++
Aspergillus Tamarii Kita	++
Sterigmatocystis nigra van Tieghem	++
Neurospora sitophila (Mont.) Shear et B. O. Dodge	+
Acrostalagmus Koningi (Oudem.) Duché et Heim	++
Penicillium camerunense Heim	++
Coriolus versicolor Fr. ex Lin	+++
Lentinus tigrinus Fr. ex Bull	+++
Gyrophana lacrymans (Wulf.) Pat	+++

(²) Les trois signes +, ++, +++ correspondent à trois intensités d'action antibiotique progressive : nette, très accusée ou particulièrement puissante.

De même vis-à-vis de trois autres espèces, dont les deux *Penicillium* antibiotiques producteurs de pénicilline :

Sterigmatocystis ochracea (Wilh.) v. Tieghem	++
Penicillium notatum Westl	+++
Penicillium chrysogenum Thom	+++

Vis-à-vis de la Mérule (*Gyrophana lacrymans*), ensemencée 9 jours après le Champignon elle en arrête la croissance au bout de 24 heures.

Tous ces essais ont été faits sur gélose nutritive de Sabouraud.

Nous avons ensuite entrepris d'examiner l'action de cette Bactérie vis-à-vis de quelques *Fusarium*, pour la plupart agents phytopathogènes dont on connaît le rôle essentiel dans de graves affections des cultures, notamment dans la zone intertropicale (les numéros correspondent aux souches de la Mycothèque du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle) :

Fusarium argillaceum (Fr.) Sacc.	N°s 633 *bis*	+++
» *arthrosporoides* Sherb.	386	+++
» *avenaceum* (Fr.) Sacc.	384	+++
» *bulbigenum* Cke. et Mass. (³)	416	++
» »	5	++
» »	14	+
» »	17	+
» »	19	+, puis —
» »	21	++
» »	22	++
» »	23	+
» »	26	++
» »	86	++
» *decemcellulare* Brick	533	+++
» *javanicum* Kds.	404	+++
» *oxysporum* Schl.	478	+++
» *oxysporum* Schl. var. *cubense* (Erw. Sm.) Woll.	477	+++
» *semitectum* Berk. et Rav. var. *majus* Woll.	685	+++
» *solani* (Mart.) App. et Woll. var. *Martii* (App. et Woll.) Woll.	686	+++
» *vasinfectum* Atk.	532	+++

Les propriétés hautement fongistatiques de cette Bactérie, telles qu'elles viennent d'être exposées, nous permettent de penser que les (ou la) substances antibiotiques qu'elle produit pourraient être utilisées avec fruit dans la lutte contre certaines maladies, notamment mycoses et trachéomycoses, de nos

(³) La plupart de ces souches de *Fus. bulbigenum* proviennent d'isolements réalisés récemment à la suite de notre mission au Congo français, à partir soit de sols de palmeraies, soit de diverses parties végétatives d'*Elæis* atteints par la maladie dite du boyomi.

cultures tropicales. Des essais au moyen de notre Bactérie sont actuellement en cours à ce propos, comparativement avec le *Penicillium camerunense* Heim, dont l'action fongistatique a été mise par ailleurs récemment en évidence ([4]).

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Détermination, dans les cas non exceptionnels, de l'anneau de cohomologie de l'espace homogène quotient d'un groupe de Lie compact par un sous-groupe de même rang.* Note de M. **Jean Leray**.

Notations. — X est un groupe de Lie compact et connexe; Y est un sous-groupe de X; T est un sous-groupe abélien de Y :

$$T \subset Y \subset X;$$

X, Y et T ont le même rang l. Soit N_T le normalisateur de T dans X; si $n \in N_T$ l'automorphisme $t \to n^{-1}tn (t \in T)$ de T et l'application $xT \to xnT (x \in X)$ de l'espace homogène $U = X/T$ sur lui-même ne dépendent que de nT : si nous posons

$$\Phi_Y = (Y \cap N_T)/T \subset \Phi_X = N_T/T, \qquad V = Y/T \subset U = X/T, \qquad W = X/Y = U/V,$$

le groupe fini Φ_X opère sur les espace T et U; son sous-groupe Φ_Y opère en outre sur V et applique identiquement W sur lui-même. $\mathcal{H}_X$, $\mathcal{H}_U$, ... sont les algèbres de cohomologie de X, U, ... relatives à un même corps commutatif, de caractéristique nulle; $X(s)$ désigne le polynome de Poincaré de X.

Nous utiliserons les propriétés ([1]) de T, U, Φ_X découvertes par Killing, E. Cartan, H. Weyl, A. Weil, H. Hopf, H. Samelson, E. Stiefel et les invariants topologiques ([2]) que nous avons attachés aux applications. Tous les groupes envisagés, étant des groupes de Lie compacts, sont des produits de groupes simples, *que nous supposerons appartenir aux quatre grandes classes;* pour lever cette restriction il suffirait d'étendre le lemme aux cinq groupes simples *exceptionnels.*

Lemme. — *a. Les éléments de $\mathcal{H}_T$ ayant pour degré 1 constituent une représentation linéaire fidèle $\mathfrak{T}$ de Φ_X; $\mathcal{H}_T$ est l'algèbre extérieure $\bigwedge \mathfrak{T}$ de $\mathfrak{T}$, c'est-à-dire l'anneau des polynomes ayant pour arguments les éléments de $\mathfrak{T}$, la multiplication de ces éléments étant anticommutative; soit $\mathfrak{Q}$ l'anneau des polynomes ayant pour*

([4]) Roger Heim, J. Nouvel et Ath. Saccas. *Bull. Acad. Roy. de Belgique, Sciences,* 5e série, 35, 1949, p. 42-49.

([1]) *Voir* H. Hopf, *Comm. math. helv.*, 15, 1942, p. 59-70.

([2]) *Journ. Math.* (à paraître); *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1366, 1419; 223, 1946, p. 395, 412; 228, 1949, p. 1545, 1784. Ces Notes seront désignées par (N_1)...(N_6). Le no 1 de (N_5) énonce avec la terminologie actuelle les conclusions de (N_1) et (N_2); la différentielle Δ_1 de (N_4) est actuellement notée δ_2. Signalons que dans la formule (8) de (N_3) $\mathcal{D}(t)$ doit être remplacé par $t\mathcal{D}(t)$.

arguments les éléments de $\mathfrak{T}$, *la multiplication de ces éléments étant commutative ; soit* $\mathcal{R}_X$ *l'anneau que constituent les éléments de* $\mathfrak{Q}$ *invariants par* Φ_X *(c'est-à-dire par chaque opération de* Φ_X*); soit* $\mathcal{S}_X$ *l'idéal de* $\mathfrak{Q}$ *qu'engendrent les éléments de* $\mathcal{R}_X$ *de degré* >0 *: il existe un isomorphisme canonique, doublant le degré, de* $\mathfrak{Q}/\mathcal{S}_X$ *sur* $\mathcal{H}_U$*;* $\mathfrak{Q}/\mathcal{S}_X$ *et* $\mathcal{H}_U$ *sont des représentations de* Φ_X *équivalentes à l'algèbre de ce groupe; l'algèbre* $\mathcal{H}_U$ *est engendrée par son unité et l'ensemble de ses éléments de degré 2; cet ensemble sera noté* $\mathfrak{T}_U$.

b. $\mathcal{H}_U \otimes \mathcal{H}_T$ *a une différentielle* δ_2*; son algèbre d'homologie est* $\mathcal{H}_X$*;* δ_2 *applique isomorphiquement* $1 \otimes \mathfrak{T}$ *sur* $\mathfrak{T}_U \otimes 1$.

c.

$$X(s) = \prod_{\lambda=1}^{l} (1 + s^{2m_\lambda - 1}); \qquad U(s) = \prod_{\lambda=1}^{l} \frac{1 - s^{2m_\lambda}}{1 - s^2};$$

$\mathcal{R}_X$ *est engendré par l éléments indépendants de degrés* m_λ.

Preuve. — Si ce lemme est vrai pour deux groupes X, il est vrai pour leur produit; or il est vrai pour les groupes simples des quatre grandes classes d'après (N_4) et le n° 5 *b* de (N_6).

THÉORÈME. — *a. L'application canonique* η *de* $U = X/T$ *sur* $W = X/Y$ *a pour réciproque un isomorphisme* $\overset{-1}{\eta}$ *de* $\mathcal{H}_W$ *dans* $\mathcal{H}_U$*;* $\overset{-1}{\eta}\mathcal{H}_W$ *est l'ensemble des éléments de* $\mathcal{H}_U$ *invariants par* Φ_Y. *L'isomorphisme canonique de* $\mathcal{H}_U$ *sur* $\mathfrak{Q}/\mathcal{S}_X$ *applique* $\overset{-1}{\eta}\mathcal{H}_W$ *sur* $\mathcal{R}_Y\mathcal{S}_X/\mathcal{S}_X \simeq \mathcal{R}_Y/(\mathcal{R}_Y \cap \mathcal{S}_X)$. *La caractéristique d'Euler de* W *est* (³) *l'indice de* Φ_Y *dans* Φ_X.

b. Si Y *est connexe, on a, conformément à une hypothèse de G. Hirsch, vérifiée par J.-L. Koszul quand* W *est symétrique :*

$$W(s) = \prod_{\lambda=1}^{l} \frac{1 - s^{2m_\lambda}}{1 - s^{2n_\lambda}}; \qquad X(s) = \prod_{\lambda=1}^{l} (1 + s^{2m_\lambda - 1}); \qquad Y(s) = \prod_{\lambda=1}^{l} (1 + s^{2n_\lambda - 1}).$$

c. Soit Z *la composante de* Y *contenant l'unité; le groupe fondamental de* W *est* $Y/Z \simeq \Phi_Y/\Phi_Z$*; ce groupe opère sur* X/Z, *qui est le revêtement simplement connexe de* W; *ce groupe opère sur* $\mathcal{H}_{X/Z}$ *comme* Φ_Y/Φ_Z *opère sur l'ensemble des éléments de* $\mathcal{H}_U$ *invariants par* Φ_Z.

Preuve, quand Y *est connexe.* — L'isomorphisme que définit δ_2 de $\mathfrak{T}$ sur $\mathfrak{T}_V$ (lemme *b*) s'obtient en composant celui de $\mathfrak{T}$ sur $\mathfrak{T}_U$ et l'homomorphisme de $\mathcal{H}_U$ dans $\mathcal{H}_V$ nommé section par V ; cette section est donc un isomorphisme de $\mathfrak{T}_U$ sur $\mathfrak{T}_V$ et, puisque $\mathfrak{T}_V$ engendre $\mathcal{H}_V$, un homomorphisme de $\mathcal{H}_U$ sur $\mathcal{H}_V$. Or W est simplement connexe; donc, d'après les formules (5), (7), (8) de (N_3):

l'application canonique de U sur $W = U/V$ a pour réciproque un isomorphisme de $\mathcal{H}_W$ dans $\mathcal{H}_U$;

le polynome de Poincaré de U est le produit de ceux de V et W.

(³) H. HOPF et H. SAMELSON, *Comm. math. helv.*, 13, 1940, p. 240.

Plus précisément, $\mathcal{H}_W \otimes \mathcal{H}_Y$ et $\mathcal{H}_U$ sont des représentations linéaires équivalentes de Φ_Y; or $\mathcal{H}_W$ est l'ensemble des éléments de $\mathcal{H}_W \otimes \mathcal{H}_U$ invariants par Φ_Y; l'image de $\mathcal{H}_W$ dans $\mathcal{H}_U$ est donc l'ensemble des éléments de $\mathcal{H}_Y$ invariants par Φ_Y.

Preuve quand Y *n'est pas connexe.* — Soient ζ et θ les applications canoniques de X/T dans X/Z et de X/Z dans W : $\eta = \theta\zeta$. Le groupe Y/Z opère sur l'espace X/Z; en identifiant les transformés par ce groupe de chaque point de X/Z on obtient l'espace W ; donc $\overset{-1}{\theta}$ est un isomorphisme de $\mathcal{H}_W$ sur l'ensemble des éléments de $\mathcal{H}_{X/Z}$ invariants par Y/Z. Il en résulte que $\overset{-1}{\eta} = \overset{-1}{\zeta}\overset{-1}{\theta}$ est un isomorphisme de $\mathcal{H}_W$ sur l'ensemble des éléments de $\overset{-1}{\zeta}\mathcal{H}_W$ invariants par Φ_Y/Φ_Z; cet ensemble est celui des éléments de $\mathcal{H}_U$ invariants par Φ_Y.

Corollaire 1. — *Soient* Y *et* Z *deux sous-groupes de* X *ayant même rang que* X *et tels que* $Z \subset Y \subset X$: X/Z *a pour fibre* Y/Z *et pour base* X/Y. *L'application de* X/Z *sur* X/Y *a pour réciproque un isomorphisme de* $\mathcal{H}_{X/Y}$ *dans* $\mathcal{H}_{X/Z}$. *Supposons* Y *connexe: l'application topologique de* Y/Z *dans* X/Z *a pour réciproque un homomorphisme de* $\mathcal{H}_{X/Z}$ *sur* $\mathcal{H}_{Y/Z}$; $\mathcal{H}_{X/Z}$ *et* $\mathcal{H}_{X/Y} \oplus \mathcal{H}_{Y/Z}$ *sont des modules isomorphes,* mais non des algèbres isomorphes : si Z est abélien, $\mathcal{H}_{X/Z}$ et $\mathcal{H}_{Y/Z}$ sont engendrés par des éléments de degré 2; $\mathcal{H}_{X/Y}$ ne l'est pas.

Corollaire 2. — *a.* $\mathcal{H}_W$ *ne dépend que de* X *et* $Y \cap N_T$. *On obtient donc l'ensemble* $\mathcal{E}(X)$ *des algèbres de cohomologie des espaces homogènes quotients de* X *par un sous-groupe* Y *de même rang en choisissant pour* Y *tous les sous-groupes de* N_T *contenant* T.

b. Les éléments de $\mathcal{H}_U$ *invariants par un sous-groupe de* Φ_X *constituent un anneau; l'ensemble de ces anneaux est* $\mathcal{E}(X)$.

c. $\mathcal{E}(X_1 \times X_2)$ *est l'ensemble des produits tensoriels des éléments de* $\mathcal{E}(X_1)$ *par ceux de* $\mathcal{E}(X_2)$.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Étendue verticale des rayons d'aurore boréale dans les parties de l'atmosphère à l'ombre et au soleil.* Note (*) de M. **Carl Stoermer.**

Depuis 1911, j'ai eu à ma disposition une série de stations reliées par téléphone, pour pouvoir déterminer photogrammétriquement la hauteur et la situation des aurores boréales observées dans la Norvège méridionale.

Plus de 35 000 photographies réussies de l'aurore ont été prises, mais on en a seulement étudié un petit nombre jusqu'à présent. Cependant, plus de 12 000 points sur l'aurore ont été mesurés, et parmi eux un grand nombre sur les rayons auroraux. Il y a une grande différence entre les rayons situés dans les parties de l'atmosphère non éclairées par le Soleil et les rayons situés dans les parties éclairées. Nous avons déjà indiqué cette différence dans un mémoire

(*) Séance du 8 juin 1949.

paru en 1929 dans le *Zeitschrift für Geophysique*. En effet, les rayons éclairés par le Soleil sont environ deux fois plus haut que ceux qui sont dans l'ombre, et leurs bases ont une tendance à suivre la limite entre les parties éclairées et celles qui sont dans l'ombre. Enfin, leur spectre est différent de celui des aurores ordinaires.

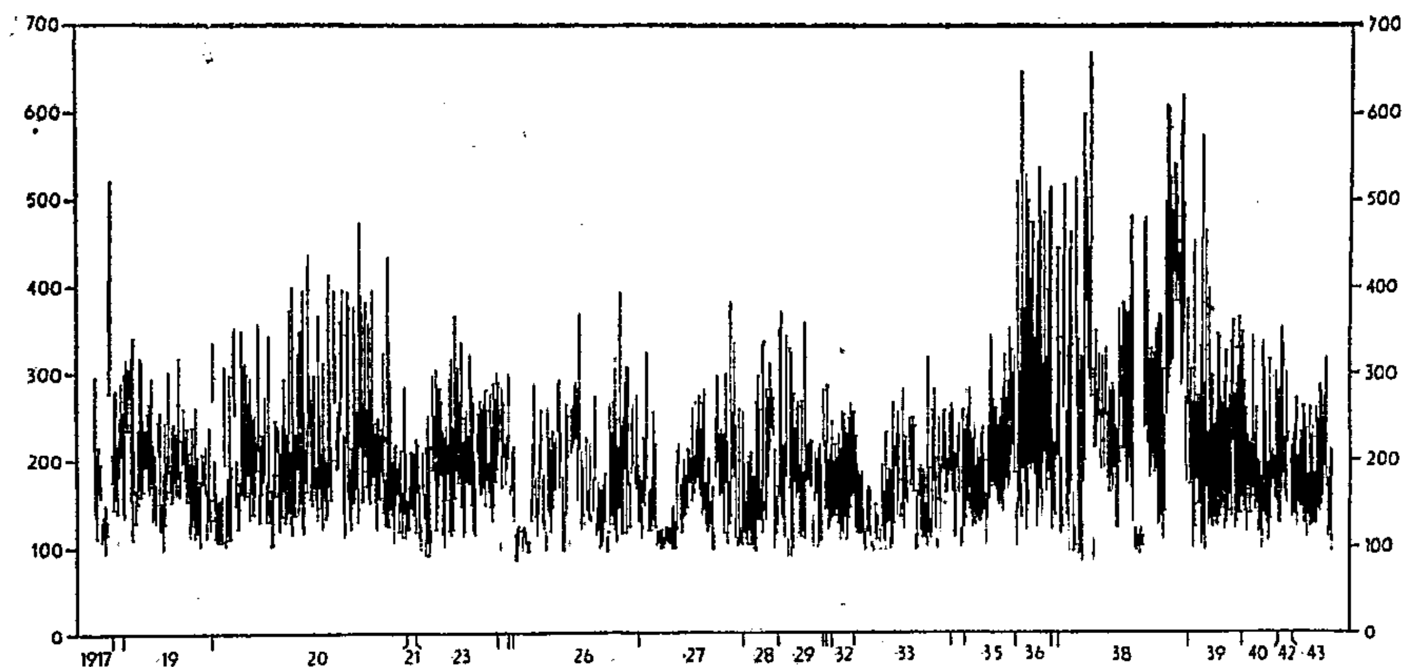


Fig. 1. — Situation des rayons auroraux dans la partie de l'atmosphère non éclairée par le Soleil.

En plaçant tous les rayons auroraux en projection verticale l'un à côté de l'autre par ordre chronologique, on obtient des diagrammes très instructifs

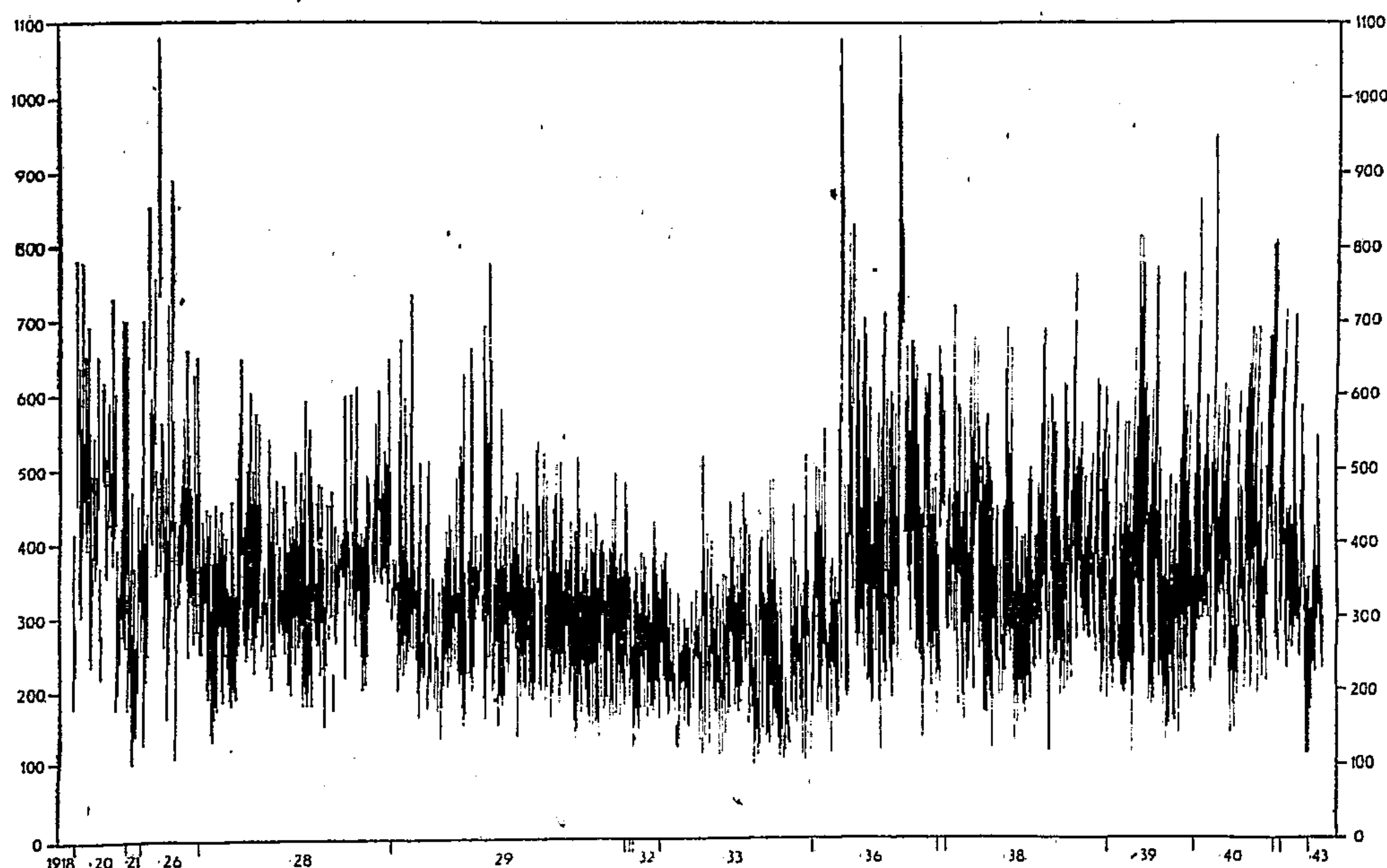


Fig. 2. — Situation des rayons auroraux dans la partie de l'atmosphère éclairée par le Soleil.

pour illustrer la différence de longueur et de situation des deux sortes de rayons.

Sur la figure 1, on voit tous les rayons dans l'ombre, et sur la figure 2, tous

ceux qui sont au Soleil. Des deux côtés, on a indiqué l'échelle des hauteurs en kilomètres, et à la base, les années.

A l'aide de petits traits à la base ou au sommet des rayons, nous avons marqué les cas où ces points ont été mesurés.

Ces figures font bien ressortir la grande différence entre les deux sortes de rayons. On y voit aussi que pendant les périodes de maximum d'aurores polaires et d'activité du Soleil, comme par exemple de 1936 à 1939, les rayons sont plus longs que pendant les périodes de minimum.

On y observe ainsi quelques phénomènes dignes de remarque :

Sur la figure 1, on voit que les bases des rayons observés à la fin de l'année 1938, sont placées très haut, entre 300 et 500^{km}. Cela est en effet dû aux rayons rouges dans des plaques de même couleur, au mois de novembre 1938.

Sur la figure 2, les cas où les sommets des rayons dépassent 1000^{km} ont eu lieu le 8 septembre 1926, après le coucher du Soleil, et le 17 octobre 1936, vers l'aube. Dans les deux cas, l'aurore était immobile aussi longtemps que la pose pouvait durer assez pour photographier les très faibles sommets.

Il est intéressant de remarquer que la constatation de la hauteur immense des rayons auroraux est une vérification éclatante des mesures prises visuellement par Maïran en France, au milieu du XVII[e] siècle.

Pour plus de détails et pour références à la littérature scientifique, *voir* mes travaux dans les *Geofysiske Publikasjoner*, Oslo, et dans les derniers volumes du journal *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, Washington.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'action comparée de l'acide acétique dilué et de l'eau sur le chondriome de la cellule végétale*. Note (*) de MM. **Pierre Dangeard** et **P. de Puytorac**.

L'un de nous a montré (¹) que l'acide acétique dilué permettait dans certains cas de détruire le chondriome plus ou moins complètement dans les cellules végétales, tout en permettant à ces mêmes cellules de survivre et de régénérer un nouveau chondriome. Il ne semble pas que l'eau employée seule comme agent destiné à provoquer des altérations cellulaires soit susceptible de mener aux mêmes résultats. C'est ce que montrent un certain nombre d'expériences où nous avons cherché à provoquer des altérations du chondriome sur diverses cellules par l'action de l'eau ordinaire ou de l'eau distillée. Nous avons fait porter notre étude sur le tubercule de Chicorée, le tubercule de Carotte et sur les cellules épidermiques du bulbe d'*Allium Cepa* en comparant l'action de l'eau à l'action de l'acide acétique dilué au millième.

(*) Séance du 8 juin 1949.

(¹) *Le Botaniste*, 31, 1942, p. 189.

Dans le tubercule de Chicorée, objet d'études précédentes de M. Buvat (²), nous avons constaté que l'action de l'eau déterminait la transformation des chondriosomes en filaments et en réseaux, mais ne détruisait nullement le chondriome dans des cellules qui peuvent rester fort longtemps vivantes.

Au moyen d'acide acétique dilué, sur le même objet, nous avons obtenu au contraire l'hypertrophie et la cavulation des mitochondries et finalement leur destruction partielle ou complète. Nous avons vu que des cellules dont le chondriome était en partie détruit ou vésiculisé pouvait survivre et régénérer un chondriome de nouvelle formation.

Dans la Carotte, les cellules étudiées ont un chondriome qui résiste à l'action prolongée de l'eau et ne donne pas lieu à la formation de filaments ramifiés et de réseaux comme c'est le cas avec le tubercule d'Endive. Par contre, l'action de l'acide acétique produit dans les cellules du tubercule de Carotte les mêmes résultats que pour les cellules d'Endive, c'est-à-dire qu'il y a successivement hypertrophie, cavulation et vésiculisation. Cependant, par suite de l'abondance du paraplasme, il n'a pas été possible d'étudier la régénération du chondriome dans des cellules dont les mitochondries ont été plus ou moins complètement détruites sous l'action de l'acide acétique dilué.

Dans l'Oignon, les cellules épidermiques des écailles bulbaires sont très résistantes à l'action de l'eau. Des cellules placées dans l'eau entre lame et lamelle vivent fort longtemps (plusieurs jours) sans présenter de signes d'altération sensibles. Dans l'eau acétifiée les eellules en question se montrent également résistantes, et il est souvent difficile d'obtenir la cavulation et la vésiculation des mitochondries, au moins avec les solutions diluées ordinaires. En raison du seuil trop étroit existant entre la destruction du chondriome même partielle et la nécrose irréversible de la cellule, il n'a pas été possible d'observer de cas probants d'une régénération du chondriome.

Il résulte des observations précédentes que l'action de l'eau sur le chondriome s'est montrée différente suivant les cellules étudiées, tandis qu'avec l'acide acétique nous avons obtenu dans tous les cas, plus ou moins facilement, des altérations allant de la simple hypertrophie à la cavulation et à la vésiculisation suivie de destruction complète. L'acide acétique dilué permettant de détruire ou d'altérer le chondriome plus ou moins complètement dans une cellule capable de survie, fournit l'occasion d'observer la régénération de ce chondriome apparemment *de novo*.

En effet, ces nouvelles recherches confirment que les mitochondries simplement hypertrophiées sont capables de subsister dans une cellule en voie de rétablissement en donnant lieu à des formes filamenteuses simples ou ramifiées d'une épaisseur plus grande que les chondriocontes normaux; ce premier stade d'altération se montre donc réversible; au contraire les

(²) *Revue de Cytol. et de Cytoph. végét.*, X, 1948, p. 5.

mitochondries cavulisées et surtout celles qui ont atteint le stade de vésicules à paroi mince ne sont pas susceptibles d'une restauration ; elles disparaissent peu à peu par une lyse progressive. Lorsque l'on amène les cellules dans l'état où la plus grande partie des mitochondries est transformée en sphères creuses ou en vésicules, il semble bien que le seul mode possible de rétablissement d'un chondriome normal soit par néoformation au sein du cytoplasme.

Nos recherches sur l'action de l'eau, par contre, nous ont montré qu'il était bien possible par ce moyen de provoquer des altérations de chondriome, mais que celles-ci étaient en général très lentes à se manifester et qu'elles allaient difficilement jusqu'à la destruction du chondriome. Dans le cas du tubercule de Chicorée nous avons vérifié l'obtention d'un chondriome filamenteux ou réticulé sous l'action de l'eau comme l'avait déjà décrit M. Buvat, mais les cellules où interviennent ces changements ont conservé leur vitalité et celle-ci ne semble pas fortement diminuée. Leur chondriome, modifié dans sa configuration, ne semble pas altéré dans sa constitution. Les changements obtenus sont en conséquence parfaitement réversibles. On ne saurait donc déduire des observations faites avec cette méthode à l'impossibilité ou même à l'improbabilité d'une néoformation du chondriome puisqu'on se place dans des conditions telles qu'une régénération du chondriome est possible à partir d'éléments pré-existants non détruits.

Sir **Chandrasekhara Venkata Raman** adresse à l'Académie deux Volumes qui lui ont été consacrés par *The Indian Academy of Sciences :* 1° *Jubilee volume of original papers presented by commemoration of his fiftieth birthday* (7 novembre 1938); 2° *Jubilee volume of original papers presented in commemoration of his sixtieth birthday* (7 novembre 1948).

M. **René Maire** fait hommage d'un Volume de *Travaux botaniques* qui lui ont été dédiés à l'occasion de son jubilé scientifique (28 mai 1949).

DÉSIGNATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physique appliquée aux Sciences naturelles du Muséum National d'Histoire Naturelle, pour la première ligne, M. *Yves Le Grand* obtient 36 suffrages, contre 22 à M. *Louis Bugnard;* il y a 2 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne, M. *Louis Bugnard* obtient 42 suffrages; il y a 6 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............... M. **Yves Le Grand.**
En seconde ligne................. M. **Louis Bugnard.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Claude Bernard. *Arzhur Breizh. Pezh-C'hoari e pemp arvest kentan mouladur brezhonek* (Traduit en langue bretonne par Jean-Marie Le Goff).

2° Viking Fund. *Ruth Fulton Benedict. A Memorial.*

3° *Seventh pacific science Congress. Second Report*, in *New Zealand Science Review*.

ALGÈBRE. — *Groupoïdes ordonnés* (¹). *L'ordre lexicographique pondéré.* Note de M. **Dov Tamari**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Groupe des quotients et ordre partiel. — *La condition nécessaire pour l'immersion d'un semi-groupe partiellement ordonné à dr. dans un (quasi-) groupe ordonné à dr. (à savoir les règles de simplification à dr.) est aussi suffisante pour le prolongement de l'ordre de* $\mathcal{D}$ *à un ordre de* $Q(\mathcal{D})$. La définition donnée entraîne ici a/b, c/d non-comparable $\rightleftharpoons bb' = dd' \in \mathcal{D}_1$ et ab', cd' non-comparable. Les autres énoncés aussi restent valables sans modification.

Anneaux ordonnés à dr. $\mathbf{A}$: Le même ordre doit être admis à dr. à la fois par son groupe additif $\mathcal{A}$ et par son demi-groupe multiplicatif $\mathcal{D}$. Par définition d'une addition convenable, $Q(\mathcal{D})$ devient $Q(\mathbf{A})$, *et l'unique prolongement de l'ordre multiplicatif sera de lui-même un prolongement de l'ordre additif :* $Q(\mathbf{A})$ *sera un corps (anneau) ordonné à dr.*

Les semi-groupes (anneaux) réguliers ordonnés (les semi-groupes d'intervalle inclus) sont des cas spéciaux des semi-groupes (anneaux) topologiques possédant une structure uniforme qu'on peut plonger dans un groupe (corps) topologique des quotients. La propriété des groupes ordonnés d'être d'eux-mêmes groupes topologiques (topologie intrinsèque) ne s'étend pas aux semi-groupes.

Un semi-groupe d'intervalle donné $\mathcal{J}_S$ peut être écrit additivement ou multiplicativement et donc être plongé dans un *corps d'intervalle* de deux manières différentes. $\mathcal{J}_S$ (convenablement organisé) peut être considéré comme un *semi-anneau* : par extension additive Q_a on obtient un groupe d'intervalle $\mathcal{J}_{Ga} = Q_a(\mathcal{J}_S)$ qui est un anneau et donc un corps (chaque anneau d'intervalle

(¹) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1092 et 1184. Errata : dans le théorème 1, p. 1092, I×I *dans* I (au lieu de *sur*), dans la définition de l'ordre des quotients, p. 1186, $ab' < cd'$ (au lieu de $=$). Nous reprenons les notations antérieures. Pour la construction du groupe (corps) des quotients d'un semi-groupe, *cf.* le livre de M. P. Dubreil, *Algèbre*, 1946, p. 136.

est déjà un corps), par extension multiplicative Q_m un $\mathfrak{I}_{Gm} = Q_m(\mathfrak{I}_S)$ qui est un semi-anneau particulier, à savoir la partie positive d'un corps.

Si a, $-a \in \mathbf{A}$ sont distincts et comparables, on a $\chi_m(-a) = -\chi_m(a)$ (χ_m caractère multiplicatif à dr.). *Dans un anneau contenant une telle paire a, $-a$, le semi-groupe multiplicatif n'est pas conservatif.* Si a est régulier (non diviseur de zéro) à dr. il y a des inverseurs, donc des éléments sans *racine carrée.* En cas de caractéristique 2, en particulier pour le corps totalement ordonné $\{0, 1\}$ (mod 2) le contraire a lieu.

S'il y a dans $\mathbf{A}$ un élément régulier à dr., somme de deux éléments réguliers à dr. (non nécessairement distincts), le groupe additif est conservatif. La démonstration dépend des deux lois distributives. On a le corollaire évident : *Si $\mathbf{A}$ n'a pas de diviseurs de zéro, en particulier si $\mathbf{A}$ est un corps, le groupe additif est conservatif.*

Remarque. — On obtient un anneau ordonné, partant d'un groupe abélien ordonné non conservatif quelconque comme groupe additif, en posant le *produit* de deux éléments $= 0$. La question des *meilleures* conditions du théorème reste ouverte.

La relation « entre ». — Un ordre des éléments d'un groupoïde $\mathcal{G}$ ne sera pas un ordre admis à dr. si et seulement si dans $\mathcal{G}$,

(I) $$\exists (a_1 < a_2, a_3 < a_4;\ t \in \mathcal{C}) (a_1 t < a_2 t,\ a_3 t > a_4 t).$$

Si l'ordre est total, on peut obtenir un critère équivalent en utilisant la notion *entre* dans le sens ordinaire

(II) $$\exists (b_1 \text{ entre } b_2, b_3;\ t \in \mathcal{C}) (b_1 t \text{ non entre } b_2 t,\ b_3 t).$$

Évidemment (II) → (I). On montre (I) → (II) ou en examinant toutes les combinaisons possibles dans (I), ou par absurde : non-(II) → non-(I); d'où :

Un ordre groupoïde total à dr. est caractérisé par l'invariance de la relation entre *par rapport aux translations à dr. par $t \in \mathcal{C}$.* On pourrait donc partir d'une introduction axiomatique de la relation *entre.*

Éléments incomparables. — Dans un demi-groupe les éléments distincts d'ordre 2 sont incomparables entre eux, de même un élément a d'ordre > 2 et l'unité ou a et a^2. Inversement une propriété entraînant l'incomparabilité démontre l'impossibilité d'un raffinement jusqu'à l'ordre total.

Ordre double : le même ordre des éléments d'une structure constitue un ordre admis à dr. et à g. L'ordre d'un anneau ordonné est double, si son ordre multiplicatif l'est. Si dans un groupoïde a est conservateur à dr. et inverseur à g. et b inversement, ils sont incomparables. Un tel élément a ne permute avec aucun c distinct comparable.

Les ordres « lexicographiques ». — Soit $\mathcal{L}$ un semi-groupe *libre* engendré par un *alphabet* (ensemble des générateurs totalement ordonné) $\{g_i\}$, $i \in$ I. Comprenons le terme *ordre lexicographique* Ω_λ de $\mathcal{L}$ dans son sens verbal exact :

Ω_λ *de* $\mathfrak{L}$ *est un ordre gauche, conservatif, total, non archimédien, mais n'est pas un ordre droit (sauf le cas trivial d'un seul générateur où l'ordre est double et archimédien)*; on suppose l'écriture de gauche à droite.

Souvent on comprend par l'ordre lexicographique l'ordre partiel des *mots* d'une même longueur suivant l'alphabet. En ordonnant de plus suivant la longueur on obtient un ordre Ω_l *qui est un ordre double, conservatif, total, archimédien. Il est discret partout* (c'est-à-dire entre deux éléments quelconques se trouvent seulement un nombre fini d'éléments) *si et seulement si le nombre des générateurs est fini.*

L'ordre lexicographique pondéré. — Ω_λ et Ω_l sont deux cas extrémaux spéciaux de Ω_π, l'ordre *pondéré*. On dit : q a par rapport à p le *poids approximatif* $(\nu, \nu+1)$, si $p^\nu < q < p^{\nu+1}$, le *poids* ∞ si $p^\nu < q$ (ν quelconque), le *poids exact* $\nu = (\nu, \nu)$ si $p^\nu = q$, *le poids approximatif de degré* $n[\nu_n/n, (\nu_n+1)/n]$ si (ν_n, ν_n+1) est le poids approximatif de q^n (de degré 1), le *poids limite* ou simplement *le poids* $L_p(q)$ si $L_p(q) = \lim_{n\to\infty} \nu_n/n$, qu'on appelle aussi *longueur de q mesurée par p*. Cette limite existe toujours (∞ inclu).

Les propriétés du poids et ses applications seront traités dans un autre Recueil.

ALGÈBRE. — *Sur une méthode de formation du polynome ayant pour racines les sommes des racines de deux polynomes donnés.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Soient les deux polynomes

$$f_1(x) = x^m + a_1 x^{m-1} + \ldots + a_{m-1} x + a_m,$$
$$f_2(x) = x^n + b_1 x^{n-1} + \ldots + b_{n-1} x + b_n,$$

ayant respectivement pour racines μ_i $(i = 1, 2, \ldots, m)$ et ν_j $(j = 1, 2, \ldots, n)$; nous nous proposons de former le polynome $F(x)$ ayant pour racines

$$\mu_i + \nu_j \quad (i = 1, 2, \ldots, m;\ j = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous allons utiliser un théorème dû à D. E. Rutherford [1] qui s'énonce comme suit :

Soient deux matrices M et N d'ordres respectifs m et n, la matrice M[N] a pour valeurs caractéristiques $\mu_i + \nu_j$ $(i = 1, 2, \ldots, m;\ j = 1, 2, \ldots, n)$, μ_i et ν_j étant respectivement les valeurs caractéristiques de M et de N.

Dans cet énoncé, le symbole M[N] représente la matrice (carrée) de partition

$$M < I_n > + I_m < N >,$$

[1] *Proc. roy. Soc. Edinburgh*, 62, 1946-48, p. 229.

où la notation $A < B >$ indique le produit direct des matrices A et B [2], I_k étant la matrice unité d'ordre k.

Cela étant, on sait que les zéros des polynomes $f_1(x)$ et $f_2(x)$ sont les valeurs caractéristiques respectives des matrices

$$\mathfrak{M} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\vdots\vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ -a_m & -a_{m-1} & -a_{m-2} & \dots & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}_{m \times m},$$

$$\mathfrak{N} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\vdots\vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ -b_n & -b_{n-1} & -b_{n-2} & \dots & -b_2 & -b_1 \end{bmatrix}_{n \times n}.$$

D'après le théorème de Rutherford, la matrice

$$\mathfrak{M}[\mathfrak{N}]$$

aura pour valeurs caractéristiques les sommes des valeurs caractéristiques de $\mathfrak{M}$ et de $\mathfrak{N}$, c'est-à-dire des racines de $f_1(x)$ et $f_2(x)$.

Le polynome cherché $F(x)$ sera donc le développement du déterminant

$$\| \mathfrak{M}[\mathfrak{N}] - x I_{mn} \|$$

I_{mn} représentant la matrice unité d'ordre mn.

Donnons un exemple simple; soient

$$f_1(x) = x^2 + a_1 x + a_2, \qquad f_2(x) = x^2 + b_1 x + b_2,$$

il vient

$$\mathfrak{M} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -a_2 & -a_1 \end{pmatrix}, \qquad \mathfrak{N} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -b_2 & -b_1 \end{pmatrix}$$

et par suite

$$\mathfrak{M}[\mathfrak{N}] = \begin{pmatrix} \mathfrak{N} & I_2 \\ -a_2 I_2 & -a_1 I_2 + \mathfrak{N} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ -b_2 & -b_1 & 0 & 1 \\ -a_2 & 0 & -a_1 & 1 \\ 0 & -a_2 & -b_2 & -b_1 - a_1 \end{pmatrix}.$$

---

[2] Ainsi, si l'on a

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, \qquad B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$$

il vient

$$A < B > = \begin{pmatrix} a_{11} B & a_{12} B \\ a_{21} B & a_{22} B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} b_{11} & a_{11} b_{12} & a_{12} b_{11} & a_{12} b_{12} \\ a_{11} b_{21} & a_{11} b_{22} & a_{12} b_{21} & a_{22} b_{22} \\ a_{21} b_{11} & a_{21} b_{12} & a_{22} b_{11} & a_{22} b_{12} \\ a_{21} b_{21} & a_{21} b_{22} & a_{22} b_{21} & a_{22} b_{22} \end{pmatrix}.$$

Le polynome cherché est donc

$$F(x) = \begin{vmatrix} -x & 1 & 1 & 0 \\ -b_2 & -b_1 - x & 0 & 1 \\ -a_2 & 0 & -a_1 - x & 1 \\ 0 & -a_2 & -b_2 & -b_1 - a_1 - x \end{vmatrix}.$$

Prenons à titre d'application

$$f_1(x) = x^2 - 1, \qquad f_2(x) = x^2 - 5x + 6,$$

on trouve sans difficulté

$$F(x) = x^4 - 10x^3 + 35x^2 - 50x + 24$$

et il est facile de vérifier que ses racines 1, 2, 3, 4 sont les sommes des racines -1, $+1$ et $+2$, $+3$ de $f_1(x)$ et $f_2(x)$.

Il est à noter qu'une méthode analogue permet de former le polynome ayant pour racines les sommes des racines de l polynomes donnés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Problèmes d'intégration d'équations aux différentielles totales*. Note de M. **Nicolas Saltykow**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note est suggérée par la méthode de M. Vessiot (¹), où les systèmes de Pfaff sont appliqués pour résoudre le problème que j'avais traité dans une précédente Note (²). Les considérations de M. Vessiot sont fort importantes, en insistant sur les conditions de compatibilité des équations caractéristiques que j'introduis, et dont le nombre est supérieur à celui des inconnues figurant dans ces équations. D'autre part, M. Vessiot pose la question de la succession des exposants dans les fonctions exponentielles des solutions que je considère. L'analyse de M. Vessiot, fondée sur la théorie des transformations, est très élégante.

Les équations des caractéristiques dont je me sers sont analogues à celles de la théorie des équations différentielles linéaires ordinaires. La distinction entre les deux théories consiste dans le nombre surabondant des équations des caractéristiques dans le cas d'équations aux différentielles totales. Or, comme ces dernières sont compatibles, il est aisé de les grouper de différentes manières afin d'en tirer, par le calcul le plus avantageux, les solutions requises, en nous guidant par l'intuition. Cela est démontré dans l'intégration du système de Valyi, qui avait été considéré comme non complètement inté-

(¹) *Comptes rendus*; 226, 1948, p. 289.

(²) *Ibid.*, 225, 1947, p. 520.

grable ([3]). Il est possible, d'un autre point de vue, de suivre un calcul régulier, pour avoir successivement les valeurs des exposants et des coefficients correspondants, comme je le démontrerai dans un Mémoire plus étendu.

La méthode d'intégration de M. Vessiot et les deux méthodes que j'ai appliquées au système de Valyi, ne sont pas les seules qu'on puisse appliquer aux équations aux différentielles totales en question. Évidemment les autres méthodes connues leur sont applicables aussi. Mais la question qui se pose est de présenter le résultat définitif sous la forme la plus accessible. Il est aisé de proposer, dans ce but, encore trois procédés : 1° variation des constantes arbitraires; 2° transformations de Mayer; 3° facteurs intégrants constants. Dans ces trois procédés, les solutions cherchées s'obtiennent par l'intégration d'équations différentielles ordinaires linéaires à coefficients constants. J'y reviendrai prochainement.

C'est la dernière méthode qui est surtout importante, car elle généralise la méthode d'intégration des équations différentielles ordinaires que je viens de publier ([4]). Cette méthode est avantageuse sous trois rapports : 1° elle donne les intégrales premières, ce qui est important pour la composition des intégrales de Cauchy; 2° elle dispense de la méthode de la variation des constantes arbitraires pour intégrer les équations avec seconds membres; 3° elle offre le moyen de compléter par différentiation, le nombre des intégrales distinctes, si les caractéristiques ne permettent point de les obtenir en nombre suffisant.

Supposons, en effet, que le système complètement intégrable d'équations aux différentielles totales

$$dy_r = \sum_{k=1}^{m} \left(\sum_{i=1}^{n} a_{\nu i}^{k} y_i \right) dx_k \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n)$$

ne permette de calculer par la méthode en question qu'un nombre incomplet d'intégrales premières distinctes de la forme

$$\varphi_\sigma(x_1, x_2, \ldots, x_m, y_1, y_2, \ldots, y_n, S_{1\sigma}^{1}) = C_\sigma,$$

C_σ désignant une constante arbitraire, et $S_{1\sigma}^{1}$ le paramètre résultant des équations des caractéristiques. Les relations

$$\frac{\partial \varphi_\sigma}{\partial S_{1\sigma}^{1}} = C'_\sigma, \qquad \frac{\partial^2 \varphi_\sigma}{\partial (S_{1\sigma}^{1})^2} C''_\sigma, \ldots,$$

C'_σ, C''_σ, ... désignant de nouvelles constantes arbitraires, vont définir de nouvelles intégrales premières du système étudié. Le procédé indiqué de différentiation permet d'en compléter le nombre jusqu'à n.

([3]) *Loc. cit.*, et *Bull. Soc. Soc. Math. de France*, 75, 1947, p. 27-90.

([4]) Saltykow, *Publications de l'Institut Mathématique de l'Académie serbe des Sciences*, 2, 1949.

Il importe, cependant, de remarquer que parmi toutes les méthodes d'intégration considérées, celle de la Note ([2]) présente l'avantage de donner immédiatement l'intégrale générale cherchée sous forme définitive, n'exigeant que le calcul de certains coefficients définis par des équations algébriques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le problème de Hadamard-Mandelbrojt ou problème de la composition des singularités des séries de Dirichlet générales.* Note de M. **Maurice Blambert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Au sujet des notations non définies dans cette Note, on se rapportera à une Note antérieure ([1]). Par $\mathcal{L}$, je représente un ensemble défini comme suit :

a. $\mathcal{L} \subset S_f^{\sigma_1}$;

b. $\mathcal{L}$ est à distance positive de $\complement_{S_f^{\sigma_1}} \mathcal{L}$;

c. $\mathcal{L}$ ne contient pas l'origine.

Théorème I. — *Les fonctions* $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ *et* $\varphi(s) = \Sigma b_n e^{-\mu_n s}$ *étant assujetties aux hypothèses :*

1° $f(s)$ *admet* $\sigma_c^f \leq \sigma_\lambda^f < \infty$, *est uniforme* $U_{\mathfrak{M}}$ *et d'ordre* $O_{\mathfrak{M}}$ *égal à* ν *dans le demi-plan* $\sigma > \sigma_1$;

2° $\varphi(s)$ *admet* $\sigma_c^\varphi \leq \sigma_\lambda^\varphi < \infty$, *est uniforme* $U_{\mathfrak{M}}$ *et d'ordre* $O_{\mathfrak{M}}$ *égal à* μ *dans le demi-plan* $\sigma > \sigma_2$;

3° ω *point quelconque de* $\mathcal{L}$;

4° β *pôle de* $\varphi(s)$, $\mathcal{R}\beta > \sigma_2$;

5° *Il n'existe aucun point de l'ensemble composé des ensembles* $S_f^{\sigma_1}$ *et* $S_\varphi'^{\sigma_2}$ (*où* $S_\varphi'^{\sigma_2}$ *est déduit de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *par suppression du pôle* β), *aucun point limite de cet ensemble, aucun point de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *confondu avec* $\omega + \beta$.

Alors tout point $\omega + \beta$, *satisfaisant à* $\mathcal{R}(\omega + \beta) > \max(0, \sigma_{\mathcal{H}}^f) + \sigma_2$, *qui peut être joint à un point* s_0 *du demi-plan* $\sigma > \max(\sigma^f + \sigma_\lambda^\varphi, \sigma_\lambda^\varphi)$ *par un arc de Jordan sans point multiple dont tous les points (à l'exception évidemment du point* $\omega + \beta$) *sont intérieurs au complémentaire par rapport au demi-plan* $P[\sigma \geq \max(0, \sigma_{\mathcal{H}}^f) + \sigma_2]$ *de l'intersection de* P *et de l'ensemble composé des ensembles* $S_f^{\sigma_1}$ *et* $S_\varphi^{\sigma_2}$, *est singulier pour la fonction définie par la série* $\Sigma a_{\mu_n}^{(k)} b_n e^{-\mu_n s}$ (k *entier* $> \nu + \mu$).

La méthode utilise un théorème de M. Mandelbrojt et est analogue à celle à l'aide de laquelle V. Bernstein généralise des résultats de MM. G. Polya et J. Soula relatifs au théorème de Cramer.

Théorème II. — *Dans les hypothèses* 1°, 2° *relatives à* $f(s)$ *et* $\varphi(s)$ *du théorème* I, *jointes à :*

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1666 et 1668.

a. $\omega (\neq 0)$ *satisfaisant à* $\mathcal{R}\omega > \sigma_1$, *est pôle de* $f(s)$;

b. Il n'existe aucun point de l'ensemble composé des ensembles $S_f'^{\sigma_1}$ (*déduit de* $S_f^{\sigma_1}$ *par suppression de* ω) *et* $S_\varphi^{\sigma_2}$, *aucun point limite de cet ensemble, aucun point de* $S_\varphi^{\sigma_2}$ *confondu avec* $\omega + \beta$, $\beta \in S_\varphi^{\sigma_2}$; *alors tout point* $\omega + \beta$ *vérifiant* $\mathcal{R}(\omega + \beta) > \max(0, \sigma_{\mathcal{H}}^f) + \sigma_2$, *est singulier pour la fonction définie par* $\Sigma a_{\mu_n}^{(k)} b_n e^{-\mu_n s}$.

Les théorèmes I et II constituent un essai de généralisation pour les séries de Dirichlet du théorème de G. Polyá (²) suivant :

Soit α *le seul point singulier sur le cercle de convergence de la série* $f(z) = \Sigma a_n z^n$ *et soit* β *un des points singuliers qui sont situés sur le cercle de convergence de la série* $\varphi(z) = \Sigma b_n z^n$, $\alpha\beta$ *est alors un point singulier situé sur le cercle de convergence de la série* $H(z) = \Sigma a_n b_n z^n$, *si une des deux conditions suivantes a lieu :*

1° α *est un pôle* (β *pouvant être une singularité de nature quelconque*);

2° α *est une singularité isolée non critique de* $f(z)$ et β *est* semi-isolé sur le cercle de convergence *de* $\Sigma b_n z^n$.

3° α *est une singularité algébrico-logarithmique de* $f(z)$ *et* β *est* isolé sur le cercle de convergence *de* $\Sigma b_n z^n$.

4° α *est un point singulier* presque isolé *du développement* $\Sigma a_n z^n$ *et* β *est un point singulier* isolable, *point singulier* isolé sur le cercle de convergence *de* $\Sigma b_n z^n$.

(Pour la définition des termes, semi-isolé, isolé, isolable, presque isolé, on se rapportera au Mémoire cité);

En ce sens que :

1° on ne se limite pas aux singularités sur les droites d'holomorphie $\sigma_{\mathcal{H}}^f$ et $\sigma_{\mathcal{H}}^\varphi$ des fonctions $f(s)$ et $\varphi(s)$;

2° par le choix d'une singularité très simple (en l'occurrence un pôle) pour l'une des fonctions $\varphi(s)$ (cas du théorème I), $f(s)$ (cas du théorème II), on atteint pour l'autre fonction des singularités très générales puisqu'on ne fait aucune hypothèse explicite sur leur nature, dans les deux théorèmes, et seulement une hypothèse topologique, dans le théorème I.

Il est manifeste que l'ensemble singulier $\mathcal{L}$ du théorème I et l'ensemble $S_\varphi^{\sigma_2}$ du théorème II peuvent représenter des singularités beaucoup plus générales que celles citées par G. Polyá.

Dans une prochaine Note, nous étudierons le cas du point essentiel.

(²) *Annals of mathematics*, 2, 34ᵉ série, 1933, nº 92.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les coefficients des fonctions p-valentes.* Note de M. **Adolph-W. Goodman**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit

$$f(z)=\sum_{n=1}^{\infty} b_n z^n \tag{1}$$

régulière et p-valente dans le cercle unité ouvert. L'hypothèse que pour $p=1$, $|b_n|\leqq n|b_1|$, $n=2, 3, \ldots$, est bien connue. Récemment (¹) l'hypothèse était faite que pour $p\geqq 2$,

$$|b_n|\leqq\sum_{k=1}^{p}\frac{2k(n+p)!}{(n^2-k^2)(p+k)!\,(p-k)!\,(n-p-1)!}|b_k| \qquad (n=p+1, p+2, \ldots). \tag{2}$$

Employant une forme généralisée de la transformation de Schwarz-Christoffel, nous avons réussi à faire quelque progrès dans la démonstration de (2).

La fonction

$$\omega=f(z)=c\int_0^z\prod_{j=1}^{m}(1-z_j t)^{-\gamma_j}\prod_{j=1}^{p-1}(t-\beta_j)(1-\overline{\beta}_j t)\,dt, \tag{3}$$

$$|z_j|=1 \qquad (j=1, 2, \ldots, m),$$
$$|\beta_j|<1 \qquad (j=1, 2, \ldots, p-1),$$
$$\sum_{j=1}^{m}\gamma_j=2p \qquad (\gamma_j \text{ réel})$$

représente $|z|<1$ sur l'intérieur d'un polygone (p-feuillets) de m côtés. L'angle extérieur formé par deux côtés adjacents du polygone est $\gamma_j\pi$; en particulier, si $\gamma_j>0$, le polygone (p-feuillets) est convexe.

En général, nous définissons la convexité (p-feuillets) comme suit : Soit r fixe, $0<r<1$; considérons la courbe décrite par $f(re^{i\theta})$ dans le plan de la variable ω. Soit Ψ l'angle de la tangente à la courbe avec l'axe réel. S'il existe ρ tel que pour chaque r, $\rho<r<1$, $\Psi(\theta)$ est une fonction monotone de θ croissant de $2p\pi$ pour un accroissement 2π de θ, nous disons que $f(z)$ est convexe (p-feuillets) dans le cercle unité; nous désignons par C_p cette classe de fonctions. De la même manière, nous définissons une classe de fonctions $F(z)$, étoilées (p-feuillets) en considérant $\varphi(\theta)=\arg f(re^{i\theta})$; désignons cette classe par S_p. Les fonctions de C_p et de S_p sont liées par l'équation

$$F(z)=zf'(z). \tag{4}$$

A l'aide de (3) et (4), il est possible de démontrer les deux théorèmes suivants :

(¹) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 63, 1948, p. 175-192.

Théorème I. — *Soit $f(z)$, élément de C_2, régulière dans le cercle unité, à coefficients réels. On a*

$$(5)\qquad |b_3| \leq \frac{5}{3}|b_1| + \frac{4}{3}|b_2|;$$

cette inégalité est stricte pour chaque couple $|b_1|$, $|b_2|$ dont les deux termes ne sont pas simultanément nuls.

Théorème II. — *Soit $f(z)$, élément de S_2, régulière dans le cercle unité, à coefficients réels. On a*

$$(6)\qquad |b_3| \leq 5|b_1| + 4|b_2|;$$

cette inégalité est stricte pour chaque couple $|b_1|$, $|b_2|$, dont les deux termes ne sont pas simultanément nuls.

Notons que (2) entraîne (6) lorsque $n = 3$ et $p = 2$.

Évidemment, on peut obtenir à partir de (3) d'autres résultats relatifs aux fonctions des classes C_p et S_p. Ces résultats et le détail des démonstrations des théorèmes I et II seront publiés ailleurs.

SÉRIES DIVERGENTES. — *Sommation des séries divergentes par une simple considération de régularité.* — Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons indiqué (¹) comment, par une transformation de la série proposée, on ramenait sa sommation à celle d'un développement asymptotique de première espèce, à la valeur approchée duquel conduisaient des artifices presque *empiriques*.

Or, poussant plus profondément cette théorie générale dite des *séries définissables*, on peut en déduire, comme on va le montrer, un moyen de sommation beaucoup plus puissant.

Soit, et nous avons vu (*loc. cit.*, § 4, 33 et § 3, 5235) que l'on pouvait normalement se ramener à ce cas, une série définissable alternée. On établit facilement que, $S(x)$ étant l'*interpolée idéale* (*loc. cit.*, § 2, 20) entre les sommes S_n des $(n+1)$ premiers termes, cette fonction satisfait à l'équation

$$S(x) = S + (-1)^x P(x).$$

Pour x entier positif, $P(x)$ augmente indéfiniment en général. Mais si x augmente indéfiniment en module avec l'argument $\pi/2$, $(-1)^x$ tend vers zéro, et il en sera ordinairement de même du produit $(-1)^x P(x)$. La fonction $S(x)$ aura donc, pour $|x|$ infiniment grand, une limite généralisée (*loc. cit.*,

(*) Séance du 8 juin 1949.

(¹) *Publ. scient. et techn. Minist. Air*, série grise, n° 207, Paris, 1947, § 4, 14 et § 4, 33.

§ 5, 124) égale à S, c'est-à-dire que la série est de somme S. Nous ne savons rien de $P(n)$, mais si la série a ses termes *réguliers*, et au besoin on accroîtra la régularité en transformant la *fonction attachée* (*loc. cit.*, § 2, 11) par accélération de la croissance, nous pourrons assurer que $P(x)$ est une expression *régulière* en *n*. Cette régularité est sans doute liée à l'accumulation de $(-1)^x P(x)$ à l'infini. La somme S de la série est donc un nombre tel que si on le retranche des sommes S_n, on obtienne une quantité alternée d'amplitude régulièrement croissante.

Le problème pratique est donc de tirer parti de cette *régularité*. Nous avons défini (*loc. cit.*, § 1, 312 et § 4, 4302) la régularité par l'allure des *différences successives*, ce qui n'est précis que si la croissance n'est pas trop rapide. Nous serons donc obligé, en général, de ralentir les P_n, et nous savons (*loc. cit.*, § 4, 432) que nous risquons ainsi d'introduire une irrégularité. Le plus simple des ralentissements est la formation des rapports $P_{n+1} : P_n$. Si le ralentissement est judicieux, ou bien la quantité ralentie restera régulière, ou bien l'irrégularité sera peu grave. Notons que, du fait de l'*alternance*, grâce à laquelle, au cours des tâtonnements sur S, on retouche en sens contraire P_n et P_{n+1}, le tâtonnement conduit sûrement à trouver un optimum pour S, correspondant au minimum d'irrégularité. S sera ainsi déterminé avec une finesse qui dépendra de l'irrégularité introduite : elle sera *illimitée* s'il n'apparaît pas d'irrégularité, mais, dans les autres cas, il y aura nécessairement un peu d'incertitude, car l'appréciation du minimum d'irrégularité n'est pas très objective, l'irrégularité pouvant se manifester de façons très diverses et très complexes.

En appliquant ceci à la série alternée de terme général $(-1)^n n!$ et ralentissant par le rapport $P_{n+1} : P_n$, on trouve successivement, sans rencontrer jamais d'irrégularité, que S est compris entre 0,40 et 0,41, puis entre 0,403 et 0,404, puis entre 0,4036 et 0,4037, etc. Pour la première fois, on voit, au fur et à mesure que l'on utilise un terme de plus de la série, se préciser, comme s'il s'agissait d'une série convergente, la valeur de la somme S que les méthodes antérieures ne donnaient que par des opérations *indirectes* et obscures. En utilisant 11 termes de la série, on arrive enfin à la valeur extrêmement approchée $0{,}403652_5$ (contre 0,40365263...). C'est la première fois aussi que cette série célèbre est sommée avec une approximation illimitée, sans que l'on ait à tirer parti d'une formule en *termes finis* résultant de la nature très simple du terme général.

La série alternée de terme général $(-1)^n n!^2$ qui n'a jamais été sommée, à notre connaissance, ne conduit pas, par le ralentissement $P_{n+1} : P_n$, à un calcul aussi simple; la régularité est d'un type beaucoup plus complexe, et avec 12 termes on arrive assez péniblement à la valeur approchée $0{,}3319_7$.

Enfin, la série alternée $1 - 10 + 288 - 15792 + 1403520 - \ldots$ de somme $-s$, déduite, sans ralentissement préalable (*loc. cit.*, § 4, 332) de la série à

termes positifs $\Sigma n!$, de somme $s = -0.30282\ldots$, nous a conduit, avec le ralentissement $\sqrt[8]{P_n}$, à une demi-régularité, la somme $-s$ étant déterminée assez peu nettement comme comprise entre 0,30 et 0,31 : les séries alternées déduites des séries à termes positifs, sont en effet des séries de sommation difficile; n'oublions pas, au demeurant, que la sommation des séries convergentes est souvent délicate.

TOPOLOGIE. — *Sur le troisième groupe d'homotopie des polyèdres simplement connexes.* (*) Note de M. **Guy Hirsch**, présentée par M. Élie Cartan.

Si M est un polyèdre (de dimension quelconque) simplement connexe ($\pi_1 = 0$), et dont le groupe d'homologie $\mathfrak{H}^2$ (à coefficients entiers) pour la dimension 2 (supposé de rang fini) ne contient pas d'éléments d'ordre fini (M n'a donc pas de coefficients de torsion pour la dimension 2), alors on peut construire un polyèdre $\widetilde{M}$, simplement connexe, fibré en un produit cartésien $\check{F}$ de circonférences S^1 (toutes homologues à zéro dans $\widetilde{M}$), ayant M pour espace de base, et pour lequel le groupe d'homologie pour la dimension 2 $\mathfrak{H}^2(\widetilde{M})$ est *nul*. (Le nombre de ces circonférences, c'est-à-dire la dimension de la fibre $\check{F}$, est égal au nombre de Betti de M pour la dimension 2, rang de $\mathfrak{H}^2$) ([1]).

Il résulte d'un théorème de Hurewicz ([2]) que $\pi^3(\widetilde{M})$ (troisième groupe d'homotopie de $\widetilde{M}$) et $\mathfrak{H}^3(\widetilde{M})$ (troisième groupe d'homologie de $\widetilde{M}$, à coefficients entiers) sont isomorphes. D'autre part, $\pi^3(M) = \pi^3(\widetilde{M})$, parce que $\pi^k(\check{F}) = \pi^k(S^1) = 0$ pour $k > 1$ (cela résulte notamment de la considération de la suite exacte en homotopie relative). Il en résulte que $\pi^3(M)$ *est isomorphe à* $\mathfrak{H}^3(\widetilde{M})$, que l'on peut déterminer à partir du troisième groupe d'homologie de M $\mathfrak{H}^3(M)$, et de la structure multiplicative dans $\mathfrak{H}^2(M)$ [qui fait intervenir $\mathfrak{H}^4(M)$]. On a, en effet, d'après la théorie des groupes d'homologie des

(*) Séance du 8 juin 1949.

([1]) Cette construction repose sur la possibilité de construire un polyèdre fibré en circonférences ayant pour espace de base un polyèdre quelconque donné, et pour *classe caractéristique* un élément quelconque du deuxième groupe de cohomologie à coefficients entiers; elle permettra de remplacer un polyèdre par un nouveau polyèdre ayant une dimension de plus, et dont le rang du deuxième groupe de cohomologie $\mathfrak{H}'^2$ est diminué de 1; elle ne conduit pas à un polyèdre $\widetilde{M}$ ayant les propriétés voulues lorsque le deuxième groupe d'homologie de M contient des éléments *d'ordre fini*, car ces éléments correspondent dans le groupe de cohomologie (à coefficients entiers) à des éléments *de dimension* 3.

([2]) W. Hurewicz, *Proc. Acad. Amsterdam*, 38, 1935, p. 521.

espaces fibrés [3] : $\mathfrak{H}^3(\widetilde{\mathrm{M}})$ *possède un sous-groupe* $\mathfrak{G}$, *et le groupe-quotient est isomorphe à* $\mathfrak{H}^3(\mathrm{M})$; $\mathfrak{G}$ *est isomorphe à un groupe-quotient* $\overset{*}{\mathfrak{J}}/\overset{*}{\mathfrak{K}}$, où $\overset{*}{\mathfrak{J}}$ et $\overset{*}{\mathfrak{K}}$ sont des sous-groupes du groupe des homomorphismes de $\mathfrak{H}'^2$ en $\mathfrak{H}^2$ ($\mathfrak{H}'^2$ et $\mathfrak{H}^2$ désignant respectivement les groupes de cohomologie et d'homologie de M pour la dimension 2); $\overset{*}{\mathfrak{J}}$ est le sous-groupe des homomorphismes (symétriques) $\overset{*}{\mathrm{H}}$ tels que, si Z' et Z'' désignent des éléments quelconques de $\mathfrak{H}'^2$, les produits scalaires $\overset{*}{\mathrm{H}}(\mathrm{Z}').\mathrm{Z}''$ et $\overset{*}{\mathrm{H}}(\mathrm{Z}'').\mathrm{Z}'$ soient *égaux*; $\overset{*}{\mathfrak{K}}$ est le sous-groupe de ceux des homomorphismes $\overset{*}{\mathrm{H}}$ qui sont engendrés par le produit $\cap$ (*cap*) dans $\mathfrak{H}^4(\mathrm{M})$: $\overset{*}{\mathrm{H}} \in \overset{*}{\mathfrak{K}}$ signifie qu'il y a un $\mathrm{Z}^4 \in \mathfrak{H}^4(\mathrm{M})$ tel que, pour tout $\mathrm{Z}' \in \mathfrak{H}'^2$, on ait $\overset{*}{\mathrm{H}}(\mathrm{Z}') = \mathrm{Z}^4 \cap \mathrm{Z}'$ [4].

$\pi^3(\mathrm{M})$ *est donc une extension de* $\mathfrak{G}$ (lequel ne dépend que de la structure multiplicative de $\mathfrak{H}^2$ ou $\mathfrak{H}'^2$), *avec* $\mathfrak{H}^3(\mathrm{M})$ *pour facteur* [5].

On peut d'ailleurs préciser cette détermination de $\pi^3(\mathrm{M})$, car la théorie de l'homologie mod$p$ dans les espaces fibrés permet de déterminer les éléments de $\mathfrak{G}$ qui seraient des multiples d'éléments de $\mathfrak{H}^3(\widetilde{\mathrm{M}})$, sans être déjà des multiples dans $\mathfrak{C}$. En particulier, on vérifiera par exemple si $\pi^3(\mathrm{M})$ est ou non isomorphe à la somme directe de $\mathfrak{G}$ et $\mathfrak{H}^3(\mathrm{M})$ [c'est-à-dire si $\mathfrak{G}$ est sous-groupe avec division, ou facteur direct, de $\pi^3(\mathrm{M})$] : soit p un nombre premier [6]. Appelons R_p la transformation de $\mathfrak{H}$ en $\mathfrak{H}_{\mathrm{mod}\,p}$ qui attribue à une classe d'homologie à coefficients entiers la classe mod$p$ obtenue en réduisant les coefficients mod$p$, ainsi que la transformation correspondante du groupe $\mathrm{Hom}(\mathfrak{H}'^2 \to \mathfrak{H}^2)$ en $\mathrm{Hom}(\mathfrak{H}'^2 \to \mathfrak{H}^2_{\mathrm{mod}\,p})$. Désignons par $\overset{*}{\mathfrak{K}}_{\mathrm{mod}\,p}$ le sous-groupe du groupe des homomorphismes de $\mathfrak{H}'^2$ en $\mathfrak{H}^2_{\mathrm{mod}\,p}$, tel que ses éléments $\overset{*}{\mathrm{H}}_p$ soient engendrés à partir de cycles $\mathrm{Z}^4_p \in \mathfrak{H}^4_{\mathrm{mod}\,p}$ par $\overset{*}{\mathrm{H}}_p(\mathrm{Z}') = \mathrm{Z}^4_p \cap \mathrm{Z}'$. Une condition

---

(3) *Voir* ma Note, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1328. En choisissant des bases dans $\mathfrak{H}^2(\mathrm{M})$ et $\mathfrak{H}'^2(\mathrm{M})$, respectivement groupes d'homologie et de cohomologie de M pour la dimension 2, on peut construire une suite de polyèdres fibrés en circonférences (chacun ayant le précédent pour espace de base), et appliquer la théorie de W. Gysin, *Comment. Math. Helvet.* **14**, 1941, p. 61-122.

(4) Cette application de π^3 sur $\mathfrak{H}^3$ n'est autre que l'application naturelle.

(5) Les groupes $\overset{*}{\mathfrak{J}}$ et $\overset{*}{\mathfrak{K}}$ peuvent s'interpréter de la manière suivante dans le cadre de la théorie des groupes d'homologie des espaces fibrés : $\mathfrak{G}$ est le noyau de l'homomorphisme de $\mathfrak{H}^3(\widetilde{\mathrm{M}})$ sur $\mathfrak{H}^3(\mathrm{M})$, induit par l'application de $\widetilde{\mathrm{M}}$ sur M; $\overset{*}{\mathfrak{J}}$ indique les classes de cycles à deux dimensions de M qui sont images de cycles à trois dimensions de $\widetilde{\mathrm{M}}$; $\overset{*}{\mathfrak{K}}$ indique celles de ces classes qui contiennent des images de cycles homologues à zéro dans $\widetilde{\mathrm{M}}$.

(6) Il suffit de considérer les facteurs p des ordres des éléments d'ordre fini de $\mathfrak{H}^3(\mathrm{M})$ (coefficients de torsion de M pour la dimension 3).

nécessaire et suffisante pour que $\mathfrak{G}$ soit facteur direct de $\pi^3(M)$ est $R_p(\overset{*}{\mathfrak{K}}) = \overset{*}{\mathfrak{K}}_{\text{mod}\,p}$ (7).

Cas particuliers. — Si M est un polyèdre (simplement connexe) à trois dimensions au plus, $\overset{*}{\mathfrak{K}} = 0$, $\mathfrak{G} = \overset{*}{\mathfrak{J}}$, isomorphe au groupe des matrices symétriques de rang égal au nombre de Betti p_2 de M pour la dimension 2, c'est-à-dire est de rang $p_2(p_2+1)/2$. D'où les corollaires :

I. *Si* M *est un polyèdre* (*simplement connexe*) *à deux dimensions,* $\pi^3(M)$ *est un groupe sans élément d'ordre fini, et de rang* $p_2(p_2+1)/2$.

II. *Si* M *est un polyèdre à trois dimensions, sans coefficients de torsion pour la dimension* 2, *et si* p_3 *est son nombre de Betti pour la dimension* 3, $\pi^3(M)$ *est un groupe sans éléments d'ordre fini, et de rang* $[p_2(p_2+1)/2] + p_3$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un théorème d'existence des mouvements des fluides plans avec sillage.* Note (*) de M. **Pierre Théron**, présentée par M. Henri Villat.

Soit un domaine symétrique plan, immergé dans un fluide parfait animé à l'infini de la vitesse $+1$. La frontière n'est soumise qu'à des conditions très générales.

Il s'agit de montrer l'existence de sillages se détachant du contour et *ne recoupant nulle part celui-ci.* Remarquons que ce problème contient comme cas particulier celui dit *de la proue,* il suffit de supposer le domaine réduit à une coupure.

1. *Résultats obtenus.* — *a.* Si A désigne le point le plus éloigné de l'axe, on montre qu'il se détache un sillage de A.

b. Si la tangente en A est parallèle à l'axe, il existe en amont de A tout un arc AB en chaque point duquel il se détache un sillage.

c. Deux sillages issus de points différents ne se rencontrent jamais (donc les sillages s'emboîtent).

d. Le sillage issu d'un point intérieur à AB y a sa courbure infinie positive, celui issu du point extrême B y a une courbure finie.

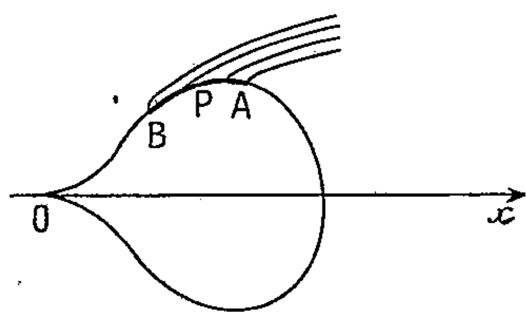
(7) M. J. H. C. Whitehead a démontré récemment (*Comment. Math. Helvet.*, 22, 1949, p. 48-92), que le type d'homotopie d'un polyèdre fini, simplement connexe à quatre dimensions, est déterminé par des propriétés de cohomologie; certains résultats énoncés ici (par exemple, la détermination du rang de π^3) pourraient également être calculés au moyen des polyèdres construits par M. Whitehead (en utilisant son théorème 5, p. 78). Les théorèmes de M. Whitehead restent d'ailleurs valables même si $\mathfrak{H}^2(M)$ a des éléments d'ordre fini; M. Whitehead m'a signalé que si $\mathfrak{H}^2(M)$ a des coefficients de torsion *pairs,* la détermination de $\pi^3(M)$ exige, outre la connaissance de l'anneau de cohomologie de M, la considération du *carré de* Pontrjagin (*Doklady*, 34, 1942, p. 35).

(*) Séance du 8 juin 1949.

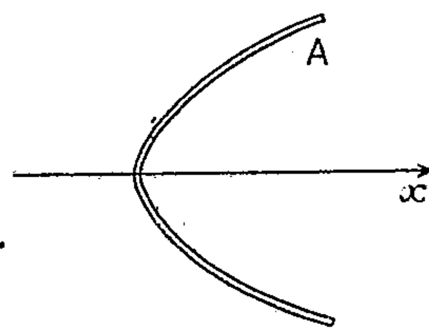
2. *Principe de la méthode.* — Désignons par *courbe* L toute courbe infinie, se détachant en P, ne traversant ni l'obstacle ni l'axe Ox, et telle que si l'on représente le domaine situé en amont du contour OPL (complété par son symétrique) sur le demi-plan entaillé $f=\varphi+i\psi$ selon les formules connues,

$$\frac{dz}{dt}=e^{\Theta+i\mathrm{T}},$$

on ait la condition suivante : le long de L, T existe, est *continu, non croissant,* et nul à l'infini.



Cas du navire.



Problème de la proue. La tangente en A n'est pas continue. Il part un sillage en A, mais l'arc AB existe ou n'existe pas.

Alors on montre :

a. Que l'ensemble de toutes les fonctions T relatives à toutes les lignes L issues d'un même point P est *compact en soi.*

b. Qu'étant donné une *courbe* L le long de laquelle T n'est pas partout nul on peut l'*améliorer,* c'est-à-dire trouver une ligne L′ telle que le maximum de T′ sur L′ soit inférieur au maximum de T sur L.

Ceci montre l'existence du sillage issu de P.

Les autres propriétés découlent du fait que L′ est tout entier en amont de L (c'est-à-dire dans le domaine du fluide).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'interprétation tourbillonnaire des surfaces de glissement.* Note de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

L'équivalence d'une *surface de glissement,* au sein d'un fluide, à une répartition tourbillonnaire superficielle est classique et intuitive, du moins au point de vue descriptif. Nous montrons d'une manière générale que cette assimilation est légitime pour toute transformation intégrale, déduite des formules de Stokes ou d'Ostrogradsky, dans laquelle le champ de vitesse $\vec{u}$ intervient linéairement (directement et par l'intermédiaire du tourbillon $\vec{\omega}$). Il en va également de même pour certaines transformations intégrales *quadratiques* qui jouent un rôle important en hydrodynamique.

La surface de glissement S, stationnaire ou non, partage le fluide en deux

régions D′ et D″; soient $\vec{u}'$ et $\vec{u}''$ les vitesses correspondantes au voisinage de S (discontinuité purement tangentielle) et soit $\vec{\alpha}$ le vecteur unité normal en un point de S, orienté de D″ vers D′. Un élément $d\sigma$ de la surface S équivaut pour la transformation des intégrales, à une cellule spatiale $d\tau$ dans laquelle le vecteur tourbillon $\vec{\omega}$ serait tel que

$$d\vec{K} = \vec{\omega}\, d\tau = \frac{1}{2}\vec{\alpha} \wedge \left(\vec{u}' - \vec{u}''\right) d\sigma = \vec{\mu}\, d\sigma.$$

Le vecteur $\vec{\mu}$ est la densité superficielle de tourbillon ou *vorticité superficielle*. Il est d'ailleurs commode de réunir alors les éléments tourbillonnaires propres et impropres sous une notation unique d'intégrales de Stieltjes.

La portée *dynamique* de cette assimilation ne nous paraissait pas avoir été dégagée de façon précise. Helmholtz [1] invoque déjà un déplacement des filets tourbillonnaires de la surface de glissement avec une vitesse égale à la demi-somme des vitesses de part et d'autre, mais élude toute justification. Il semble qu'on n'ait fait par la suite que s'appuyer sur son autorité, alors que cette propriété est en réalité subordonnée à des conditions restrictives.

Nous introduisons une *couche médiane* S*, surface matérielle fictive en mouvement dans S et dont les éléments ont pour vitesse

$$\vec{u}^* = \frac{1}{2}\left(\vec{u}' + \vec{u}''\right).$$

Nous cherchons alors la dérivée par rapport au temps du vecteur élémentaire $\vec{\mu}\, d\sigma$ *en supposant l'élément de surface $d\sigma$ entraîné dans le mouvement de la couche médiane,* cela par analogie avec les équations classiques de Helmholtz qui définissent l'évolution de l'élément tourbillonnaire $\vec{\omega}\, d\tau$ lorsque $d\tau$ est une cellule fluide. Il vient

$$\frac{d}{dt}\left(\vec{\mu}\, d\sigma\right) = \left(\vec{\mu}.\vec{\nabla}\right) \vec{u}^*\, d\sigma + 2\,\vec{\omega}_\alpha^* \wedge \vec{\mu}\, d\sigma + \frac{1}{2}\vec{\alpha} \wedge \left(\vec{\gamma}' - \vec{\gamma}''\right) d\sigma,$$

$\vec{\gamma}'$ et $\vec{\gamma}''$, accélérations de part et d'autre de S; $\vec{\omega}_\alpha^*$, composante normale de $\vec{\omega}^* = \left(\vec{\omega}' + \vec{\omega}''\right)/2$.

Si le fluide satisfait aux *condition de Helmholtz :* viscosité nulle, champ de forces extérieures dérivant d'un potentiel, relation entre pression et densité (cas extrême : fluide incompressible), le dernier terme de l'équation précédente s'annule. De même pour l'avant-dernier si $\vec{x}_\alpha^*$ est nul, *soit usuellement si le tourbillon du fluide ambiant est tangentiel ou nul de part et d'autre de* S. La relation

---

[1] *Wissenschaftliche Abhandlungen*, 1, p. 151.

restante exprime que le vecteur $\vec{\mu}\, d\sigma$ évolue selon la même loi qu'un segment infinitésimal transporté par la couche médiane.

On tire de là que les lignes tourbillons, lignes intégrales du champ $\vec{\mu}$, peuvent être considérées comme matériellement liées à la couche médiane; en outre, un arc de courbe de cette couche intercepte un flux tourbillonnaire constant dans le temps : adaptations directes de la théorie des structures tourbillonnaires ordinaires.

Par ailleurs, puisqu'on suppose $\vec{\omega}$ tangentiel de part et d'autre de S, le vecteur de discontinuité $\vec{u}' - \vec{u}''$ est dans la surface S le gradient d'un champ scalaire φ, potentiel de discontinuité. Il apparaît alors que *ce potentiel est défini dans la couche médiane d'une manière indépendante du temps.*

Les mêmes faits se retrouvent sous une forme plus simple dans le cas d'une *ligne de glissement,* au sein d'un fluide plan satisfaisant aux conditions de Helmholtz : le scalaire élémentaire

$$dK' = (\vec{u}' - \vec{u}'')\, d\vec{M}$$

est invariant lorsque l'élément vectoriel $\overrightarrow{dM}$ est entraîné dans le mouvement de la couche médiane, ici ligne matérielle fictive. Par suite, le potentiel de discontinuité

$$\varphi = \int (\vec{u}' - \vec{u}'')\, d\vec{M}$$

est défini dans cette couche d'une manière indépendante du temps.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la détermination du paramètre dans le problème d'Euler.* Note de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans le problème de la détermination d'une orbite képlérienne par la connaissance des positions héliocentriques de l'astre M à deux instants t_1 et t_2, problème posé pour la première fois par L. Euler [1], tout revient à la détermination du paramètre p ou d'une inconnue équivalente g définie par la relation

$$s = g\sqrt{v}, \tag{1}$$

s désignant l'aire du triangle OM_1M_2, O étant le Soleil.

Les quantités qui interviennent ici sont indépendantes du choix des axes, de sorte que les données du problème sont en réalité avec les notations usuelles

$$r_1,\ r_2,\ \psi = v_2 - v_1 \quad \text{et} \quad \tau = k(t_2 - t_1). \tag{2}$$

---

(1) *Théoria motuum Planetarum et cometarum* (Berlin, 1744). Probleme V.

Puis, comme d'après la loi des aires $\tau\sqrt{p}$ est le double de l'aire du secteur curviligne OM_1M_2, on voit que le rapport g/τ n'est autre que le rapport de l'aire s du triangle à celle du secteur correspondant.

La solution proposée par Euler se réduit à une formule approchée du paramètre, savoir

$$(3)\qquad p=\left\{\left[\frac{r_1r_2}{k(t_2-t_1)}\right]^2+\frac{1}{3}\sqrt{r_1r_2}\right\}\sin^2\psi.$$

M. Viliev ([2]) a obtenu une certaine amélioration des résultats par rapport à ceux d'Euler, d'après une formule consistant en une série suivant les puissances des inverses de p, avec des coefficients dont le calcul est très compliqué.

Gauss ([3]) le premier a proposé une solution précise du problème en calculant par approximations six formules et une équation du 3e degré en τ/g.

Enfin H. Andoyer ([4]) a donné un ensemble de formules à la fois simples et commodes, mais qui demandent toujours trois ou quatre approximations.

Or, tout en suivant cette dernière méthode, l'on peut éviter les approximations, si au lieu de prendre comme H. Andoyer pour point de départ $g=\tau$, on adopte une valeur de g très voisine de la valeur exacte.

En effet nous connaissons les expressions explicites des quantités f_1, f_2, g_1, g_2. En n'écrivant que les premiers termes on a

$$(4)\qquad f_1=1-\frac{\tau_1^2}{2r^3};\qquad f_2=1-\frac{\tau_2^2}{2r^3};\qquad g_1=\tau_1-\frac{\tau_1^3}{6r^3};\qquad g_2=\tau_2-\frac{\tau_2^3}{6r^3};$$

r étant la distance héliocentrique du lieu moyen.

Prenons $r=\sqrt{r_1r_2}$, $\tau_1=k(t_1-t)$; $\tau_2=k(t_2-t)$ avec $t=(t_2-t_1)/2$ et formons la quantité g définie par la relation

$$(5)\qquad g=f_1g_2-f_2g_1.$$

En remarquant que $\tau_1=-\tau_2$ et $\tau_2-\tau_1=\tau$ on trouve

$$(6)\qquad \frac{g}{\tau}=1-\frac{\tau^2}{6(\sqrt{r_1r_2})^3}+\frac{\tau^4}{192(\sqrt{r_1r_2})^6}.$$

Puis d'après (1) nous pouvons écrire

$$(7)\qquad p=\frac{s^2}{g^2}.$$

En multipliant donc s^2 par l'inverse de g^2, on a

$$(8)\qquad p=\frac{s^2}{\tau^2}+\frac{s^2}{3(\sqrt{r_1r_2})^3}\left[1+\frac{7}{23}\frac{\tau^2}{(\sqrt{r_1r_2})^3}+\frac{23}{576}\frac{\tau^4}{(\sqrt{r_1r_2})^6}+\frac{731}{110592}\frac{\tau^6}{(\sqrt{r_1r_2})^9}+\ldots\right],$$

([2]) *Bulletin de l'Observatoire Central Nicolas à Pouleovo*, V, VII$_3$, nº 75, 1916, p. 80.

([3]) *Theoria motus corporum cœlestium* (Hambourg, 1809).

([4]) *Cours de Mécanique céleste*, Vol. I, p. 120 et suivantes (Paris, Gauthier-Villars, 1923).

d'où en remplaçant s par sa valeur $s = r_1 r_2 \sin\psi$, en appelant (J) la série entre crochets et en effectuant les simplifications évidentes il vient

$$(9) \qquad p = \left\{ \left[\frac{r_1 r_2}{\tau} \right]^2 + \frac{(J)}{3} \sqrt{r_1 r_2} \right\} \sin^2\psi.$$

On reconnaît la formule d'Euler.

Ainsi pour augmenter la précision de la formule (3), il suffit de prendre dans le second membre comme coefficient du second terme (J)/3 au lieu de 1/3.

De même pour avoir le rapport g/τ, et par conséquent la valeur du paramètre, il n'y a pas lieu d'effectuer d'approximations si ce n'est à titre de contrôle (et alors une seule suffit).

Appliquons ce qui précède à l'exemple donné par M. Viliev. Les données sont

$r_1 = [0,3876960]$, $\quad r_2 = [0,3985250]$, $\quad \psi = 13°52'44''20$, $\quad t_2 - t_1 = 57,97767$.

On trouve

	$\frac{\tau}{g}$.	p.
L. Euler	[0,0039418]	[0,4209337]
M. Viliev	[0,0039840]	[0,4210180]
Gauss, H. Andoyer (trois approximations).	[0,0039894]	[0,4210288]
Formules (6) et (7) (de prime abord)...	[0,0039893]	[0,4210286]

Ce qui permet de confirmer la valeur des formules que nous venons d'indiquer.

Sans quitter le domaine des généralités, nous remarquerons encore ici que parmi les formules que nous avons obtenues, la relation

$$g\tau^{-1} = (g_1 g_2)^2 (\tau_1 \tau_2)^{-2}$$

peut servir aussi de point de départ pour les calculs aussi bien dans le cas d'une ellipse, que dans celui d'une parabole ou d'une hyperbole.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur un procédé spectroscopique de mesure de la vitesse et de la température de gaz très chauds et très rapides.* Note (*) de Mme **Irène Bredt**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans le cas des gaz très chauds et très rapides comme ceux produits dans les propulseurs fusées, on ne peut utiliser tels quels les procédés spectroscopiques usuels qui supposent établi l'équilibre thermique et chimique du gaz. Ils ne permettraient d'observer que les variations d'énergie liées aux mouvements de rotation, d'oscillation, et d'excitation électronique. Or il est

(*) Séance du 13 juin 1949.

essentiel de mesurer l'énergie de translation. Cela est possible en utilisant l'action sur les raies spectrales de l'effet Doppler-Fizeau.

Soit $\Delta\lambda$ le déplacement d'une raie émise par une particule de vitesse relative Vr par rapport à l'observateur, on a :

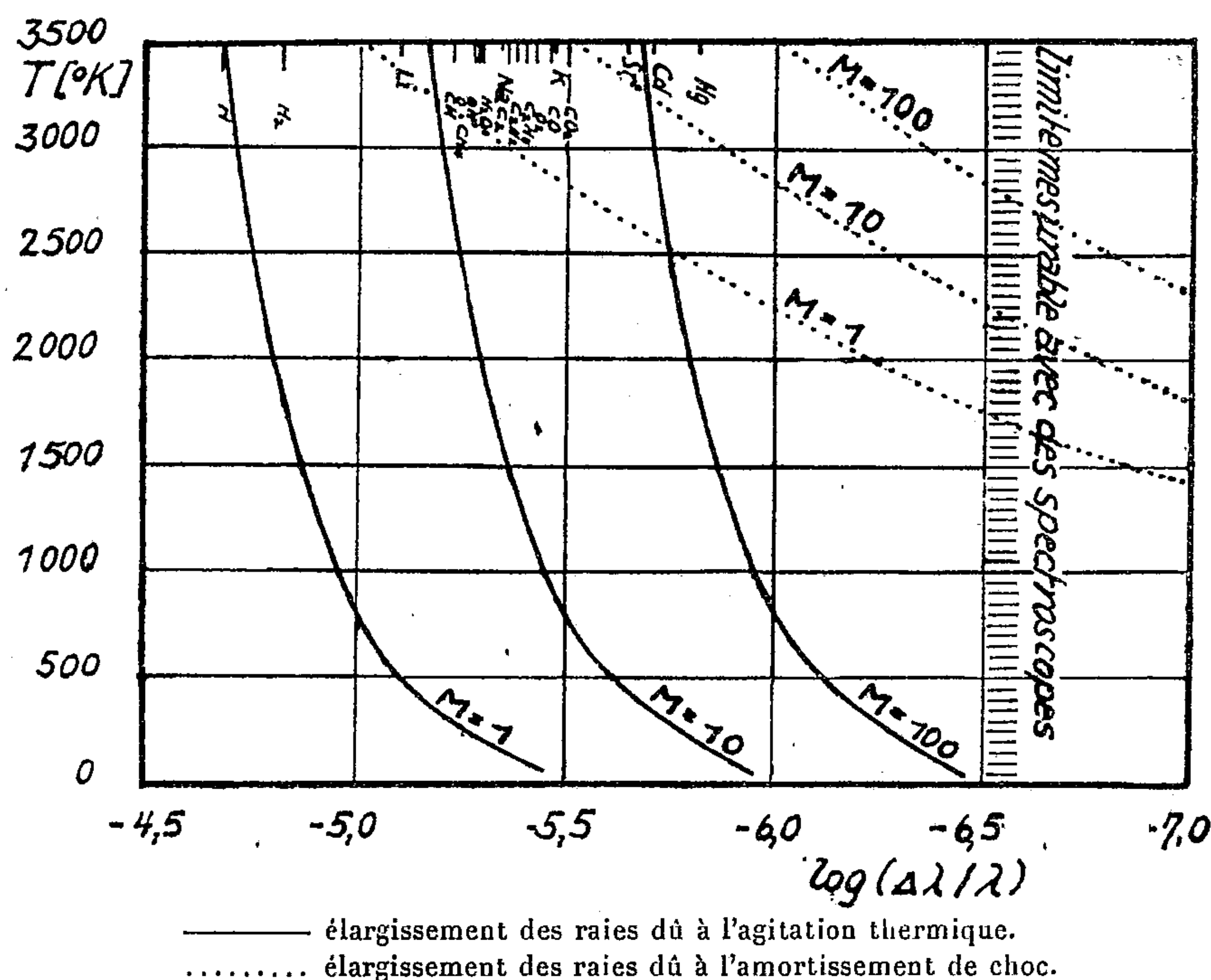
$$\Delta\lambda = \frac{\mathrm{Vr}}{c} = \pm\frac{\mathrm{V}\sin\alpha}{c} \qquad (c = \text{vitesse de la lumière}).$$

De la mesure de $\Delta\lambda$ on peut donc tirer la vitesse relative d'ensemble du gaz ainsi que sa température de translation.

L'agitation thermique se traduit par un élargissement symétrique des raies. L'intensité locale dans la raie est proportionnelle au nombre d'atomes d'égale vitesse relative :

$$\frac{d\mathrm{N}_{\mathrm{Vr}}}{\mathrm{N}} = e^{-\left(\frac{\mathrm{Vr}}{a}\right)^2}\frac{d\mathrm{Vr}}{a\sqrt{\pi}},$$

avec a = vitesse moléculaire probable. L'écart $\Delta\lambda$ correspondant à une intensité



——— élargissement des raies dû à l'agitation thermique.
.... élargissement des raies dû à l'amortissement de choc.

moitié de l'intensité maximum au milieu de la raie, s'en déduit, en fonction de la température absolue T et du poids moléculaire M :

$$2\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 1,667\frac{a}{c} = 7,14.10^{-7}\sqrt{\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{M}}}.$$

La figure représente l'élargissement des raies par effet Doppler-Fizeau pour

un gaz *au repos* en fonction de T et de M. On a indiqué la position des principaux radicaux et molécules à considérer, ainsi que celle des indicateurs spectroscopiques les plus usuels. Les limites des mesures possibles sont données par la demi-largeur naturelle des raies ($\Delta\lambda/\lambda \simeq 10^{-8}$), due à l'amortissement de rayonnement et par le pouvoir séparateur maximum des spectrographes. Si ce pouvoir est donné par la valeur $\lambda'/\Delta\lambda' \simeq 7.10^6$, l'élargissement de la raie symétrique $\Delta\lambda$ doit enfermer au moins deux éléments $\Delta\lambda'$ pour permettre de reconnaître une structure de raie. Ainsi on obtient comme limite $\Delta\lambda/\lambda \simeq 3.10^{-7}$.

Pour la sensibilité maximum, on trouve $\Delta\sqrt{T/M} \geqq 0,2$,

En utilisant les raies d'atomes légers, on devrait donc pouvoir déterminer la température avec une bonne précision, à condition qu'aucun phénomène parasite ne vienne perturber la mesure.

Une vitesse d'ensemble constante v', superposée à l'agitation thermique désordonnée, ne change rien à la répartition d'intensité dans la raie élargie, qui est seulement déplacée sans déformation. Pour la mesure des vitesses, on peut donc prendre pour référence une source lumineuse froide au repos, formée du gaz choisi comme indicateur, et disposée derrière l'engin en étude. La distance de la raie de référence non décalée, de largeur naturelle, au maximum d'intensité de la raie décalée est le $\Delta\lambda$ à utiliser pour le calcul de la vitesse d'ensemble. La limite de sensibilité donnée par le pouvoir séparateur maximum, pour une vitesse d'écoulement constante, est ici de l'ordre de 100 m/s soit 3 à 5 % de la vitesse d'éjection théorique d'une fusée.

S'il existe un gradient local de vitesse ou de température, cela compliquera l'évaluation à cause des effets de superposition : élargissements dissymétriques, absorption partielle, auto-inversion, etc. Il sera néanmoins toujours possible de mesurer au moins les valeurs maxima.

En plus de ces phénomènes de superposition, il y a encore deux causes pouvant modifier la structure des raies, et cacher ou fausser l'effet à mesurer. Ce sont l'élargissement dû à la pression, provenant de l'amortissement des chocs, et le dédoublement des raies en présence des champs électromagnétiques.

Par le choix d'indicateurs convenables, on peut garder l'élargissement dû à la pression en dessous de celui dû à la température; de plus, connaissant la pression, on peut calculer la répartition d'intensité correspondante, ce qui permet de séparer les deux effets.

Pour ce qui est de l'élargissement des raies par les champs atomiques électriques ou magnétiques, on ne peut l'évaluer quantitativement qu'après mesure du degré d'ionisation réel du gaz.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la détermination du convergent du courant du Scorpion Centaure.* Note de MM. **Marcel Mayot** et **Pierre Guintini**, présentée par M. André Danjon.

Dans une précédente Note (¹) nous avons indiqué une méthode pour déterminer le convergent d'un courant au moyen des mouvements propres et appliqué cette méthode aux étoiles B o à B 5 de Rasmusson. Nous donnons ici les résultats d'une étude plus complète du courant du Scorpion Centaure, pour laquelle nous avons utilisé les étoiles O et B o à B 5 de notre fichier, de coordonnées équatoriales α et δ comprises entre les limites : $8\text{h} \leqq \alpha \leqq 20\text{h}$, $-80° \leqq \delta \leqq -10°$ (639 étoiles).

1. Dans un premier essai nous supposons le courant dirigé vers l'Antapex de coordonnées : $\alpha = 90°$, $\delta = -30°$. On peut alors calculer pour chaque étoile la quantité : (Bo — Bc); Bo, angle de position observé; Bc angle de position calculé.

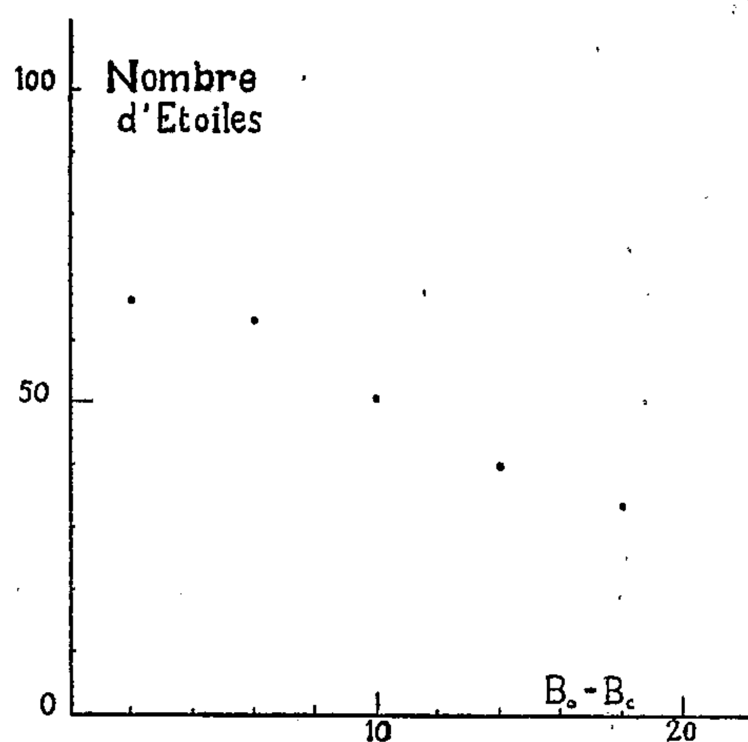


Fig. 1.

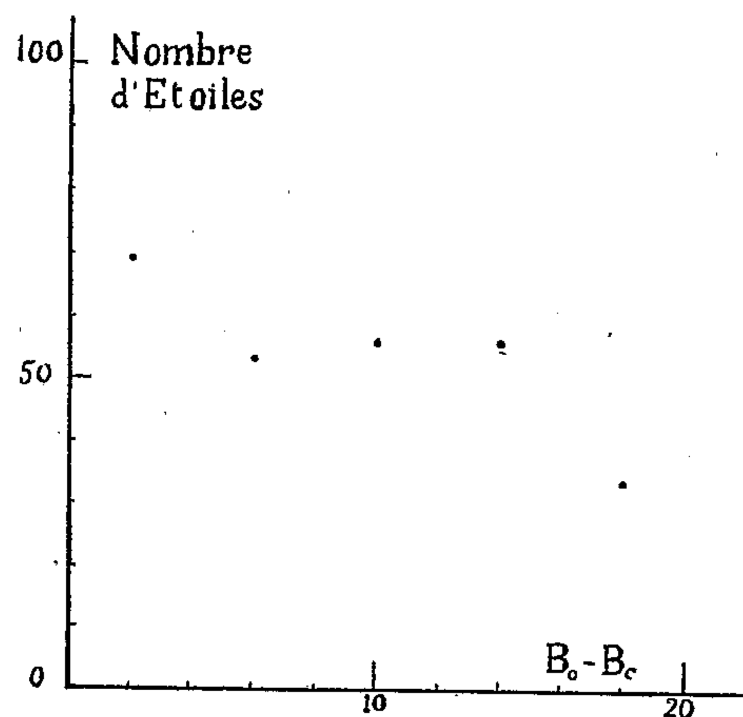


Fig. 2.

Pour 274 étoiles nous avons $|Bo - Bc| < 25°$; la détermination du convergent de ces 274 étoiles, effectuée par la méthode indiquée (¹), donne, en tenant compte uniquement de la direction des mouvements propres $\alpha = 91°,4$, $\delta = -35°,5$.

Si l'on tient compte à la fois de la direction et de la grandeur des mouvements propres, ce qui revient à donner à chaque équation un poids μ, on obtient $\alpha = 92°,7$, $\delta = -37°,5$.

Nous avons adopté $\alpha = 91°,4$, $\delta = -35°,5$ pour direction du convergent et calculé les résidus (Bo — Bc) par rapport à cette direction.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 994.

La distribution des 249 étoiles pour lesquelles $|\text{Bo} - \text{Bc}| < 20°$ est représentée par la figure 1. Pour ces étoiles la valeur moyenne de $\overline{\sin^2(\text{Bo} - \text{Bc})}$ est 0,0308, ce qui correspond à $\overline{|\text{Bo} - \text{Bc}|} = 10°,1$.

2. Dans un deuxième essai nous n'avons fait aucune hypothèse sur la direction du courant et déterminé le convergent des 639 étoiles par la condition $\Sigma(\cos^2 V_i/\sin^2\theta_i)$ minimum, ce qui donne $\alpha = 87°,7$, $\delta = -47°,2$.

Nous avons calculé pour chaque étoile la quantité (Bo — Bc) correspondant à cette nouvelle direction. Pour 304 étoiles, nous avons $|\text{Bo} - \text{Bc}| < 25°$; le convergent de ces étoiles, en tenant compte uniquement de la direction des mouvements propres, est : $\alpha = 92°,3$, $\delta = -47°,7$.

En tenant compte à la fois de la direction et de la grandeur des mouvements propres, on obtient : $\alpha = 93°,1$, $\delta = -46°,0$.

En adoptant pour direction du convergent : $\alpha = 92°,3$, $\delta = -47°,7$, on calcule, comme dans le (1), les résidus (Bo — Bc) par rapport à cette direction.

Nous avons cette fois 265 étoiles pour lesquelles $|\text{Bo} - \text{Bc}| < 20°$; leur distribution est représentée par la figure 2. La valeur moyenne de $\overline{\sin^2(\text{Bo} - \text{Bc})}$ est 0,0329, ce qui corrrespond à $\overline{|\text{Bo} - \text{Bc}|} = 10°,5$.

Conclusion. — Dans le calcul du convergent les résultats sont pratiquement les mêmes que l'on considère à la fois la grandeur et la direction des mouvements propres ou seulement leur direction. Une sélection, même large, du matériel au départ peut éliminer certains membres susceptibles d'appartenir au courant et en modifier la direction, c'est ce qui explique la variété des résultats trouvés par les différents auteurs.

La dispersion résultant de la détermination théorique du minimum de $\overline{\sin^2(\text{Bo} - \text{Bc})}$ dont on déduit la direction du convergent dépend en toute rigueur de la répartition des étoiles choisies sur la sphère céleste; elle est de l'ordre de la dispersion sur les directions des mouvements propres eux-mêmes (6° environ). L'erreur sur la direction du convergent est du même ordre de grandeur.

Nous effectuons actuellement une étude analogue avec les étoiles B de l'hémisphère Nord.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les relations approchées d'Eddington-Barbier exprimant la loi d'assombrissement et le flux de rayonnement en fonction des conditions locales d'une atmosphère stellaire.* Note de M. **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. André Danjon.

On sait que l'intensité $I_\nu(\tau_\nu, \mu)$ et le flux $\mathcal{F}_\nu(\tau_\nu)$, ainsi que les grandeurs intégrées correspondantes, sont des *fonctionnelles* (et non des *fonctions*) de la fonction-source $B_\nu(\tau_\nu)$. On peut cependant trouver des relations d'un type

plus simple, exprimant l'assombrissement et le flux en fonction des conditions *locales* d'une atmosphère en certains points *moyens* convenablement choisis.

Eddington s'est déjà servi de telles relations, mais elles n'ont été utilisées systématiquement qu'à la suite des travaux de D. Barbier [1].

I. NOUVELLE DÉMONSTRATION (ÉLÉMENTAIRE) ET GÉNÉRALISATION. — Supposons que l'on ait :

(1) $$B(\tau) = a\tau + b \quad \text{ou} \quad B_\nu(\tau_\nu) = a_\nu \tau_\nu + b_\nu.$$

On trouve alors immédiatement, avec des notations classiques :

(2) $$I(0, \mu) = a\mu + b. \quad \text{ou} \quad I_\nu(0, \mu) = a_\nu \mu + b_\nu.$$

Introduisons l'opérateur du flux : on obtient

(3) $$\varphi_0(\tau) = \Phi_\tau\{1\} = 2K_3(\tau); \qquad \varphi_1(\tau) = \Phi_\tau\{\tau\} = \frac{4}{3} - 2K_4(\tau);$$

(4) $$\mathcal{F}(\tau) = \varphi_0(\tau)\left[a\frac{\varphi_1(\tau)}{\varphi_0(\tau)} + b\right] \quad \text{ou} \quad \mathcal{F}_\nu(\tau_\nu) = \varphi_0(\tau_\nu)\left[a_\nu\frac{\varphi_1(\tau_\nu)}{\varphi_0(\tau_\nu)} + b_\nu\right].$$

On peut éliminer entièrement a et b et écrire

(5) $$I(0, \mu) = B(\mu) \quad \text{ou} \quad I_\nu(0, \mu) = B_\nu(\mu),$$

(6) $$\mathcal{F}(\tau) = \varphi_0(\tau)B(x) \quad \text{ou} \quad \mathcal{F}_\nu(\tau_\nu) = \varphi_0(\tau_\nu)B_\nu(x_\nu);$$

(7) $$x = \frac{\varphi_1(\tau)}{\varphi_0(\tau)} \quad \text{ou} \quad x_\nu = \frac{\varphi_1(\tau_\nu)}{\varphi_0(\tau_\nu)}.$$

2. DEGRÉ DE PRÉCISION DES RELATIONS (5) ET (6) DANS LES PRINCIPAUX CAS USUELS. — Le symbole Δ représente dans ce qui suit l'erreur relative *maximum, en %, dans tout le domaine de variation de la grandeur étudiée.*

a. Cas gris. Grandeurs intégrées [d'après les valeurs rigoureuses de $B(\tau)$]

(8) $$\Delta I(0, \mu) = 1{,}6\,\%; \qquad \Delta\left[\frac{I(0, \mu)}{I(0, 1)}\right] = 1{,}2\,\%,$$

(9) $$\Delta\mathcal{F}(\tau) = 1{,}7\,\% \quad \text{pour } \tau = 0; \qquad \mathcal{F}(0) = 0{,}985\,B\left(\frac{2}{3}\right).$$

b. Cas gris. Grandeurs monochromatiques [d'après les valeurs rigoureuses de $B(\tau)$]. — Posons, avec Chandrasekhar : $\alpha = h\nu/kT_c$. Bornons-nous à $\mathcal{F}_\alpha$ car l'étude de $I_\alpha(0, \mu)$ ne présente pas beaucoup d'intérêt.

(10) $$\Delta\mathcal{F}_\alpha(0) = 13\,\% \quad \text{quand } 0 \leqq \alpha \leqq 8, \qquad \Delta\mathcal{F}_{12}(0) = 41\,\%;$$

(11) $$\Delta\mathcal{F}_\alpha\left(\frac{1}{2}\right) = 9\,\% \quad \text{»} \quad 0 \leqq \alpha \leqq 8, \qquad \Delta\mathcal{F}_{12}\left(\frac{1}{2}\right) = 50\,\%;$$

(12) $$\Delta\mathcal{F}_\alpha(1) = 54\,\% \quad \text{»} \quad 0 \leqq \alpha \leqq 8, \qquad \Delta\mathcal{F}_{12}(1) > 100\,\%.$$

c. Cas du Soleil. Grandeurs monochromatiques (d'après les observations

---

(1) *Ann. d'Astroph.*, 6, 1943, p. 113.

d'Abbot). Le maximum d'erreur sur $I_\lambda(0, \mu)$ est pour $\mu = 1$.

$$(13)\quad \left\{\begin{array}{ll} \Delta I_{3747}(0,\mu) = 4,6\,\%\,; & \Delta I_{5062}(0,\mu) = 8,1\,\%\,; \\ \Delta I_{10080}(0,\mu) = 10,0\,\%\,; & \Delta I_{20970}(0,\mu) = 6,8\,\%. \end{array}\right.$$

$$(14)\quad \left\{\begin{array}{ll} \Delta\mathcal{F}_{3747}(0) = -\ 3,4\,\%\,; & \Delta\mathcal{F}_{5062}(0) = -6,8\,\%\,; \\ \Delta\mathcal{F}_{10080}(0) = -10,8\,\%\,; & \Delta\mathcal{F}_{20970}(0) = -3,9\,\%. \end{array}\right\} \lambda \text{ en Å.}$$

3. Degré de précision en général. — Nous voyons que les relations (5) et (7) donnent d'excellents résultats sauf dans l'ultraviolet lointain ($\alpha = 12$ correspond à $\lambda = 0^{\mu},1$ pour le Soleil) ou pour les grands τ.

La démonstration usuelle, au moyen d'un développement en série de Taylor au voisinage de τ^*, n'est pas convaincante car elle suppose une décroissance rapide des dérivées $B^{(n)}(\tau^*)$ avec n, qui n'a pas lieu (le développement de Taylor en question se présente comme une série alternée dont les premiers termes *croissent* rapidement en valeur absolue !).

Mais en examinant des fonctions B de la forme (résultats valables pour B_ν !)

$$(15)\qquad B(\tau) = a\tau + b + L\,e^{-\beta\tau}$$

par une méthode directe analogue à celle du paragraphe 1, pour des valeurs très différentes de a, b, L et β, on peut prévoir d'avance ce qui se passera dans tous les cas plausibles physiquement. On constate une remarquable *stabilité* vis-à-vis des variations possibles de l'importance relative de la partie non linéaire $Le^{-\beta\tau}$. Cela explique les résultats du paragraphe 2. Tous les résultats étant proportionnels à a, nous le supposerons égal à 1.

Alors avec $b \geqq -L$; $0,5 \leqq \beta \leqq 5$; $-10 \leqq L \leqq 1/\beta$, on trouve (cas extrêmes)

$$(16)\quad \left\{\begin{array}{lll} \Delta I(0,\mu) = 14\,\% & \text{quand}\ L \leqq 0; & \beta = 0,5; \\ \Delta I(0,\mu) = 28\,\% & \text{quand}\ L \leqq 0,2; & \beta = 5,0; \end{array}\right.$$

avec une erreur pouvant aller à 50 % pour $\mu = 0,3$; $\beta = 0,5$; $L = 2$.

$$(17)\quad \left\{\begin{array}{lll} \Delta\mathcal{F}(0) = 13\,\% & \text{quand}\ L \leqq 1,2; & \beta = 0,5; \\ \Delta\mathcal{F}(0) = 27\,\% & \text{quand}\ L \leqq 0,2; & \beta = 5,0 \end{array}\right.$$

avec une erreur pouvant aller jusqu'à 42 % pour $\beta = 0,5$; $L = 2$.

4. Application a une solution paramétrique de l'équation de transfert. — En exprimant que le flux $\mathcal{F}(\tau)$, (6), est *constant* et égal à F, il vient

$$(18)\qquad B(x) = \frac{F}{\varphi_0(\tau)} \quad \text{avec} \quad x = \frac{\varphi_1(\tau)}{\varphi_0(\tau)}.$$

Ceci est une « représentation paramétrique » de la fonction $B = B(x)$ qui, comme le montre le calcul numérique, est très supérieure à toutes les solutions *linéaires* de la forme (1), qui pourtant nous a servi de point de départ. On déduit aussitôt de (18) et de (7)

$$(19)\qquad B(x) = \left(\frac{3}{4}\right) F[x + q(x)] \quad \text{avec} \quad q(x) = \frac{K_4(\tau)}{K_3(\tau)}.$$

On vérifie que (18) et (19) s'appliquent pour *toute* valeur positive de x, et que le $\Delta B(x)$ correspondant vaut 7 % [au lieu, par exemple, des 15,4 % de la solution linéaire classique $B(\tau) = (1/2)F(1 + (3/2)\tau)$].

MAGNÉTISME. — *Mesure de la constante gyromagnétique du fer et du nickel.* Note de M. **André J.-P. Meyer**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le rapport du moment cinétique j au moment magnétique μ d'un électron, appelé rapport gyromagnétique, est donné par

$$\rho = \frac{j}{\mu} = \frac{2mc}{ge},$$

où g est le facteur de Landé, accessible à la mesure par cette relation. Pour un électron orbital $g = 1$, pour un électron tournant $g = 2$. Les expériences (¹) effectuées jusqu'à ce jour sur les éléments ferromagnétiques par des auteurs différents donnent des résultats peu concordants. Sucksmith, Chattok et Bates (¹) attribuent au spin seul les moments atomiques du fer, du cobalt et du nickel, tandis que les valeurs de g données par Barnett (²)(³) indiquent une participation de moment orbital aux moments observés : pour le fer, $g = 1,932$; le cobalt, $g = 1,855$; le nickel, $g = 1,912$. Cet auteur (⁴) a admis récemment que par suite d'une erreur systématique ces valeurs de g seraient trop petites d'environ 1 %.

Nous avons repris ces mesures en utilisant la méthode de résonance perfectionnée par Cœterier (⁵). La mise au point de l'appareil a été faite de façon à obtenir la précision requise en une seule mesure, et non par des moyennes portant sur un grand nombre d'expériences et n'éliminant pas les erreurs systématiques. Les mesures ont été effectuées sur des tiges métalliques homogènes de 150^{mm} de long et 3^{mm} de diamètre, coulées au four H. F. à l'aide d'une méthode originale à partir de fer et de nickel carbonyl pur. L'amplitude angulaire gyromagnétique à la résonance, d'une tige de moment d'inertie I, est donnée par

$$\alpha = \frac{2mc}{ge}\frac{2}{\pi}\frac{MT}{\delta . I}.$$

Le moment magnétique M est déterminé pendant l'expérience même, le décrément logarithmique δ par enregistrement photographique. Les champs

(¹) Pour une revue d'ensemble du sujet *voir* par exemple : L.-F. Bates, *Modern Magnetism*, 1947, p. 202; Becker-Döring, *Ferromagnetismus*, 1939, p. 72.

(²) *Le Magnétisme*, II, 1940, p. 203.

(³) S.-J. Barnett, *Proc. Amer. Acad. of Arts and Science*, 75, 1944, p. 109.

(⁴) S.-J. Barnett et D.-S. Webber, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 896.

(⁵) *Helv. Phys. Acta*, 8, 1935, p. 522.

magnétiques utilisés sont de l'ordre de 10 gauss. Les amplitudes obtenues varient de 10 à 20^{cm}. Toutes les mesures ont été faites à la pression atmosphérique. Le Tableau suivant donne en exemple les valeurs détaillées, exprimées en unités c. g. s., d'une mesure individuelle du nickel :

T.	M.	I.	$\frac{\delta}{T}\cdot 10^3$.	2A.	l.	g.	$\rho\frac{e}{mc}$.	|I-II|.
2,969.....	266,8	0,1317	6,387	10,44	227,0	1,997	1,002	0,002
	± 0,3	$\pm 3,10^{-4}$	±0,013	± 0,02	± 0,1	±0,018	±0,009	

2A est la double amplitude lue, l la distance du miroir à l'échelle. $|I\text{-}II|$ est la différence de deux valeurs de $\rho(e/mc)$ obtenues au cours d'une expérience pour les deux positions d'un commutateur d'inversion d'assymétrie. Ce terme, qui dépend des couples perturbateurs magnétiques pouvant agir sur le système, a été introduit par Barnett et permet de juger de la qualité de la mesure.

Les résultats d'ensemble concernant le fer et le nickel sont rassemblés dans le second tableau. Nous n'avons pu effectuer de mesure pour le cobalt. Par suite de sa grande dureté magnétique, la différence des champs démagnétisants suivant l'axe de la tige et perpendiculairement à celle-ci, n'est pas suffisante pour orienter le moment magnétique de la tige suivant son axe géométrique. La tige possède alors une composante de moment horizontal trop importante pour permettre une mesure.

	Nombre de mesures.	$\|I\text{-}II\|_{max}$.	$\|\overline{I\text{-}II}\|$.	$\overline{\rho\frac{e}{mc}}$.	$\overline{g}$.
Fe.........	8	0,022	0,010	0,996	2,008 ± 0,007
Ni.........	2	0,004	0,002	1,002	1,996 ± 0,003

$|I\text{-}II|_{max}$ est la valeur maxima observée de ce terme pour la série de mesures correspondante. $|\overline{I\text{-}II}|$ est la valeur moyenne de ces termes. L'erreur indiquée est l'erreur moyenne de $\overline{g}$. L'erreur réelle possible pour une mesure individuelle est difficile à chiffrer. Sa limite supérieure est de 2 %, sa valeur moyenne d'environ 1 %. Ce chiffre est partiellement conditionné par les cinq mesures absolues qui font partie d'une détermination de g.

Une introduction d'impuretés dans le fer, des traitements thermiques différents affectant sa dureté magnétique sont sans conséquence sur la valeur de g alors que Barnett (²) constate une variation de la constante gyromagnétique pour des fers purs d'origine différente.

Les faibles écarts subsistant entre nos résultats et la valeur théorique $g = 2$ se trouvent dans les limites d'erreurs. Nos mesures nous portent donc à poser $g = 2,00$ pour le fer et le nickel, en confirmant à l'aide d'une précision accrue les résultats des chercheurs anglais, et à désigner l'électron tournant comme seul porteur de moment dans ces corps à leur état ferromagnétique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Mesure de la fréquence maximum utilisable en parcours ionosphérique.* Note de M. **Ewald Harnischmacher**, présentée par M. Jean Cabannes.

La fréquence maximum utilisable (MUF) joue un rôle considérable dans les prévisions ionosphériques. Malheureusement elle n'a été mesurée que rarement par un procédé exact ([1]) ([2]). Cette mesure exige d'une part l'émission d'impulsions de courte durée (10^{-4} sec) et d'autre part leur réception synchrone par une station distante. La mesure de la MUF se fait alors par variation de la fréquence émise, qui augmente jusqu'à ce que les réflexions disparaissent. C'est la synchronisation exacte qui présente le plus des difficultés.

Nous avons profité du synchronisme existant pendant le premier trimestre de l'année 1948 entre les réseaux électriques, pour prendre à Fribourg (Br) les sondages horaires de la station ionosphérique de Lindau près de Göttingen (station allemande travaillant sous contrôle du British Department of Scientific and Industrial Research). Le synchronisme étant garanti par les secteurs couplés, le récepteur était facilement accordé par l'opérateur. Des enregistrements furent faits à Fribourg juste après les mesures horaires zénithales. La distance des stations est 430^{km}.

On sait qu'il y a deux parcours possibles dans une couche réfléchissante qui se réunissent en un seul juste pour la MUF ([3]). A cause de ce fait, l'enregistrement à fréquence variable, donne un point de rebroussement qui mesure précisément la MUF. Le rebroussement n'existe pas toujours dans le cas d'une si faible distance. Nous avons choisi pour l'évaluation les seules valeurs, où il existait. On s'est limité d'ailleurs au rayon ordinaire du dédoublement magnétique.

En comparant la MUF mesurée pour le parcours par la couche F2 avec la fréquence critique foF2, mesurée à Fribourg quelques minutes avant, on obtient un facteur MUF/foF2 (Fribourg), qui donne d'une façon provisoire l'influence du parcours oblique sur la liaison radiotélégraphique. Mais ceci vaut seulement à condition que l'ionisation de la couche F2 soit homogène le long du parcours.

Les valeurs mesurées de ce facteur provisoire ont une variation systématique avec l'heure. Il existe une pointe pour le lever du Soleil, due au fait que celui-ci se lève plus tôt à Fribourg. Si l'on néglige ces deux heures, le facteur provi-

---

([1]) F. T. Farmer, C. B. Childs, A. Cowie, *Proc. Phys. Soc.*, 50, 1938, p. 767.

([2]) W. Grone, K. Krüger, G. Goubau et J. Zenneck, *Hochfrequenztechn. u. El. Ak.*, 48, 1936, p. 1; R. Eyfrig, *loc. cit.*, 56, 1940, p. 161.

([3]) K. Försterling et H. Lassen, *Zeits. techn. Physik*, 12, 1931, p. 453, 502.

soire est nettement 1,1 le jour 08 — 19^h temps local moyen et 1,0 pendant la nuit (21 — 05^h).

Or le facteur M, qui entre dans les calculs de propagation, est donné exactement par le rapport de la MUF et de la fréquence critique au point de réflexion, c'est-à-dire au milieu de la distance. Il existe en réalité un faible gradient horizontal dans l'ionisation de la couche F 2. Ceci produit une variation bien systématique, l'ionisation étant en général moins forte au Nord. Afin de corriger les facteurs provisoires, nous avons tenu compte de cette influence, en déduisant une correction moyenne d'après les médianes mensuelles des deux stations. Soit $(1 - k)$ le facteur par lequel il faut multiplier la médiane de foF2 (Fribourg) pour avoir celle de Lindau; on utilisera donc un facteur de correction de $(1 - k/2)$ pour en tirer la valeur au milieu du parcours.

La station de Lindau n'a pas publié de médiane pour le mois de février 1948, mais pour janvier et pour mars ([4]). En janvier le facteur de correction $[1 - (1/2)k]$ était 0,99 en jour, 0,93 pendant la nuit; en mars : 0,97 et 0,945. Pour les 3 semaines du 16 février au 8 mars 1948, où les mesures ont été faites, on peut facilement interpoler et l'on arrive à 0,976 pour le jour, 0,940 pendant la nuit.

Appliquons cette correction aux facteurs provisoires précédents d'après l'équation :

$$(\mathrm{M}\,430^{\mathrm{km}})\,\mathrm{F}2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{2}k} + \frac{\mathrm{MUF}}{f_0\,\mathrm{F}2(\mathrm{Fribourg})}.$$

On obtient finalement pour $(\mathrm{M}\,430^{\mathrm{km}})$ F2 les valeurs médianes de 1,127 pour le jour et de 1,062 pour la nuit.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Mesure de la puissance, en ondes centimétriques, au moyen de bolomètres.* Note de M. **Jean Broc**, présentée par M. René Barthélemy.

La mesure de la puissance transportée par une onde centimétrique, par exemple à l'intérieur d'un guide d'ondes, présente une grande importance théorique; elle est également nécessaire dans presque toutes les applications pratiques. Lorsqu'on effectue cette mesure au moyen de l'effet bolométrique produit par l'élévation de température d'un fil métallique très fin, il faut rechercher les conditions dans lesquelles il y a équivalence entre l'effet global, sur le fil, des ondes centimétriques, et celui d'un courant continu. C'est à cette condition que la mesure peut prétendre atteindre une valeur absolue.

L'étude que nous avons faite pour des fils de platine de 1 à 3^μ a conduit à chercher la distribution d'équilibre de la température le long du fil quand le

([4]) *Central Radio Propagation Laboratory*, rapport CRPL-F 46 (21-6-1948).

dégagement de chaleur n'est pas uniforme sur toute sa longueur. Cette distribution est donnée par la solution d'une équation différentielle de la forme

$$KS\frac{d^2\theta}{dx^2} - [\gamma - \alpha\varphi^2(x)]\theta + \varphi^2(x) = 0,$$

équation que nous avons pu résoudre numériquement, de façon précise, par un montage d'analogie électrique.

Dans cette équation, K est la conductibilité thermique, S la section du fil, α le coefficient de température de la résistivité, $\varphi^2(x)$ la fonction qui traduit le dégagement de chaleur.

Le refroidissement le long du fil, par la surface extérieure, est caractérisé par le coefficient γ que nous avons déterminé expérimentalement en courant continu. Nous avons trouvé que la part revenant au rayonnement thermique est seulement le centième environ de celle qui revient à l'échange thermique avec les gaz résiduels, dans le cas d'un vide médiocre (10^{-1} à 10^{-2} mm Hg) tel qu'il est réalisé, en général, dans l'ampoule du bolomètre. Il faut pour négliger cet échange thermique, pousser le vide jusqu'à 10^{-4} mm Hg. Dans tous les cas, nous avons constaté que la mesure absolue est possible, non seulement si la longueur du bolomètre est petite devant la longueur d'onde λ (0,10 λ pour une mesure à 1 %), mais encore pour certaines longueurs plus grandes (par exemple 0,8 λ pour un vide médiocre, et 0,94 λ pour un bolomètre vidé à 10^{-4} mm Hg). Des bolomètres de longueurs différentes sont affectés de coefficients d'erreur (compris entre 0,6 et 1,3) qui ont été calculés; ces coefficients ont été trouvés sensiblement exacts par une vérification expérimentale basée sur un montage de guides d'ondes qui divise la puissance en deux parties égales, entre deux dérivations.

Nous avons ainsi réalisé un wattmètre pratique qui permet des mesures de 50 μW jusqu'à 0,01 μW. L'étude et la réalisation ont été effectuées sur $\lambda = 3^{cm},2$.

La plus petite puissance mesurable (10^{-8} W) est 10 fois plus faible environ que celle atteinte avec un *thermistor* et la réalisation est plus simple, car le bolomètre est environ 100 fois moins sensible aux variations de la température ambiante.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une nouvelle espèce d'inclusion radioactive contenue dans les roches éruptives.* Note de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

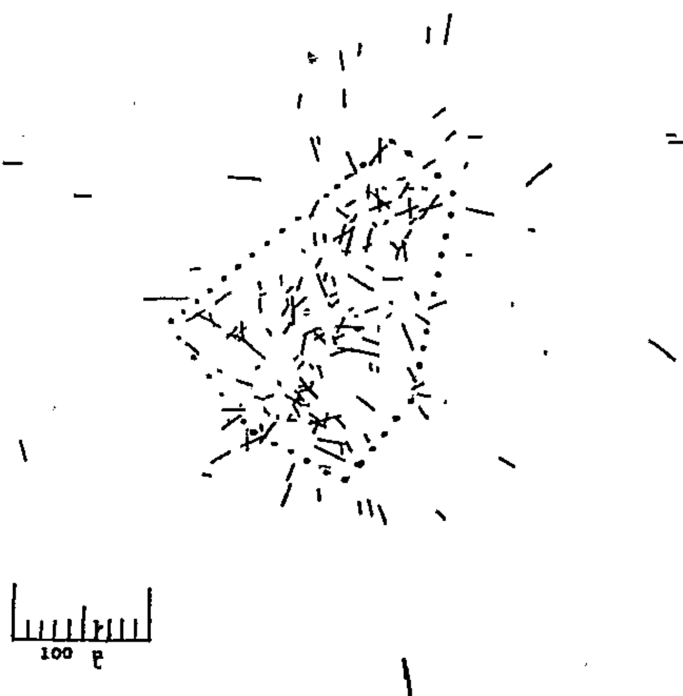
Nous avons déjà signalé, dans deux précédentes Notes [1], l'existence, dans les roches éruptives, de deux sortes d'inclusions radioactives :

[1] Coppens, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 176 et 228, 1949, p. 1218.

1° Des inclusions très petites, d'une surface de quelques dizaines de microns carrés, à forte radioactivité. Le rapport des concentrations en thorium et en uranium de ces inclusions n'a pu être déterminé, mais, en nous basant sur la valeur généralement admise $C_{Th}/C_U = 2,5$, le calcul nous a donné une teneur d'environ 10 % d'uranium et 25 % de thorium.

2° Des cristaux dont la nature n'est pas encore établie, ayant des dimensions de l'ordre du millimètre et contenant surtout du thorium avec peu ou pas d'uranium. La teneur moyenne en thorium de ces cristaux a pu être évaluée à 1 %.

Nous devons, en outre, signaler la présence d'un petit nombre d'inclusions, ayant une surface de quelques centièmes de millimètre carré, et possédant une forte radioactivité.



Traces des rayons produites par une inclusion radioactive provenant d'une concentration des éléments lourds d'un granite de Bretagne. (Collection de M. Demay.) Temps de pose : 200 minutes.

Elles ont été décelées par la plaque photographique et nous les avons rencontrées :

a. Dans un sable de Pénestin (Morbihan). Ce sable a été déposé par les eaux de la Vilaine qui l'ont arraché aux roches désagrégées des terrains traversés. Il s'est produit une lévigation naturelle avec accumulation en certains endroits de l'estuaire à Pénestin par exemple, des éléments lourds.

b. Dans une concentration d'éléments lourds extraits par André Demay du granite dont nous avons étudié la radioactivité dans notre Note du 4 avril 1949.

Le calcul du rapport des concentrations en thorium et en uranium, basé sur l'évaluation du nombre ν_1 des trajectoires ayant dans l'air un parcours supérieur à 7^{cm} d'air et du nombre ν_2 de celles dont le parcours est compris entre $5^{cm},8$ et 7^{cm}, nous a donné les résultats suivants :

Origine.	Inclusion.	Surface approximative (en mm²).	v_1.	v_2.	$C_{Th/Cu}$.
Sable de Pénestin (Plage des Demoiselles)...........	1	0,16	84	45	∞
	2	0,04	26	21	364
	3	0,04	16	11	∞
	4	0,02	19	15	∞
Éléments lourds. Granite de Bretagne (Coll. de M. Demay)..........	1	0,03	32	30	24
	2	0,02	24	20	∞
	3	0,005	12	12	110
	4	0,04	17	12	∞
	5	0,03	35	24	∞
	6	0,02	22	18	194

Nous avons donc été conduit à penser que ces inclusions contenaient une forte proportion de thorium avec peu ou pas d'uranium. Pour évaluer la teneur en matières radioactives, nous avons admis qu'elles ne contenaient que du thorium.

Le calcul de cette teneur n'a pu se faire avec les plaques précédentes obtenues avec des poses de plusieurs jours, le grand nombre de trajectoires (plusieurs milliers par champ de microscope) rendant toute numération impossible. Une pose relativement courte de 3 heures 20 minutes nous a donné 178 trajectoires dans un champ de $0^{mm^2},025$ et nous a permis d'évaluer la teneur en thorium avec une approximation d'environ 10 à 15 %.

Cette teneur est de l'ordre de 76 % et correspond à peu près à celle de la thorite pure SiO_2, ThO_2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Thermodynamique de la décomposition des nitrites* (II). Note de M. **André Peneloux**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'interprétation thermodynamique de la décomposition des nitrites alcalins et alcalinoterreux ([1]) permet l'explication de tous les résultats connus.

Une évolution quelconque du système peut être décrite à l'aide des quatre vitesses de formation des constituants gazeux : si l'on connaît les compositions du produit initial et de la phase gazeuse, on peut en déduire celle de la phase condensée. Ceci se vérifie très exactement à l'aide des mesures de T. M. Oza et B. R. Walawalkar ([2]), qui dans certaines expériences ont effectué le dosage de tous les constituants. Pour des essais de décomposition du nitrite de sodium à 380°, ces auteurs constatent que la masse de nitrate formée par centimètre cube d'azote dégagé est indépendante des conditions opératoires.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 483.

([2]) *Journal of the Indian Chem. Soc.*, 22, 1945, p. 243.

Or, le calcul à partir de la composition de la phase gazeuse permet de vérifier que cette quantité reste approximativement constante dès que la teneur en azote des gaz de décomposition est assez grande. Une telle constance résulte donc uniquement de la stœchiométrie, et l'on ne saurait rien en déduire quant au mécanisme de la réaction.

Nous avons établi précédemment ([1]) l'inégalité

$$(1)\qquad v_{NO}\log\frac{P_{NO}}{p_{NO}}+v_{N_2}\log\frac{P_{N_2}}{p_{N_2}}+v_{NO_2}\log\frac{P_{NO_2}}{p_{NO_2}}+v_{O_2}\log\frac{P_{O_2}}{p_{O_2}}\geqq 0,$$

dans laquelle v_G est la vitesse de production du gaz G, P_G sa pression d'équilibre, fonction de la température et des activités des constituants condensés, et p_G sa pression partielle effective. Si v_G et $\log(P_G/p_G)$ sont tous deux positifs, l'inégalité (1) n'impose aucune limitation à la production du gaz G, mais si $P_G < p_G$, la vitesse de production du gaz G est limitée supérieurement.

La production de peroxyde d'azote est souvent très faible; d'autre part, Centnerzwert ([3]) a montré que l'oxydation des nitrites est réversible. De ce fait, on peut écrire l'inégalité (1) sous une forme simple, qui permet, si $P_{NO} < p_{NO}$, la comparaison directe des vitesses de production de nitrosyle et d'azote

$$(2)\qquad \frac{v_{NO}}{v_{N_2}}\leqq-\frac{\log\dfrac{P_{N_2}}{p_{N_2}}}{\log\dfrac{P_{NO}}{p_{NO}}}=r.$$

Le rapport r est d'autant plus grand que les pressions d'équilibre sont plus grandes, et que les pressions partielles effectives sont plus petites.

Dans le tableau ci-après, nous avons réuni quelques valeurs des pressions d'équilibre calculées par la formule approchée de Nernst, à une température où la décomposition du nitrite correspondant devient appréciable, et de r pour des pressions partielles effectives de 1^{atm}. Les activités sont supposées égales à 1 pour le nitrite, et à 0,1 pour le nitrate et l'oxyde métallique.

	P_{N_2}.	P_{NO}.	r.
$NaNO_2$ à 380°	10^{12}	10^{-6}	2
KNO_2 à 440	10^{7}	10^{-8}	0,9
$Ba(NO_2)_2$ à 300	10^{16}	10^{-5}	3,2

La valeur de r dépend du cathion considéré. P. C. Râу et A. C. Ganguli ([4]) mesurent une production de nitrosyle 5,7 fois supérieure à celle d'azote dans

([3]) *Journal de Chimie Physique*, 27, 1930, p. 9.
([4]) *Journal of the chemical Society*, 87, 1905, p. 177.

le cas des sels de baryum, et 1,9 fois dans le cas des sels de sodium. Dans les Mémoires de T. M. Oza et B. R. Walawalkar (2) (5) on peut remarquer que pour des expériences effectuées dans des conditions identiques, le nitrite de sodium produit toujours plus de nitrosyle et moins d'azote que le nitrite de potassium.

D'une façon générale, r croît avec la température, mais d'une manière qui dépend du cathion considéré, et peu marquée dans un intervalle de température restreint. Aussi les différents expérimentateurs ne sont-ils pas d'accord sur ce point. Cependant, Ostwald (6) donne comme résultat général une décroissance de la proportion d'azote obtenue quand la température augmente.

Pour du nitrite pur, il n'y a aucune limitation à la production de nitrosyle, mais à mesure que la phase condensée se charge en produits de décomposition, une limitation apparaît, définie par le rapport r qui décroît quand les teneurs en nitrate et en oxyde métallique augmentent. Ainsi s'explique le fait signalé par T. M. Oza et M. S. Shah (7), qu'au cours d'une même expérience, les quantités d'azote formées croissent avec le temps.

T. M. Oza et B. R. Walawalkar (2), (5) effectuent certaines de leurs expériences dans du verre, d'autres dans du platine. Dans les premières, la production d'azote est considérablement moindre que dans les secondes, ce qui peut être attribué à une baisse de l'activité de l'oxyde métallique. Ce point de vue est confirmé par le fait que si l'on effectue de telles expériences dans du verre Pyrex ou de la porcelaine, la masse en décomposition attaque les parois qui la contiennent.

Les expériences de ces derniers auteurs sur la décomposition du nitrite de sodium à 380° dans du platine sont particulièrement significatives. Nous donnons ici le rapport des volumes de nitrosyle et d'azote produits :

Décomposition de 0g,5 de nitrite, en laissant pendant le cours de l'expérience les produits gazeux en contact avec la phase condensée	0,70
Décomposition, dans les mêmes conditions, de 0g,5 de nitrite mélangé à 0g,125 de nitrate	0,55
Décomposition de 1g de nitrite dans les mêmes conditions	0,40
» » en pompant les gaz produits	0,82

Ces résultats sont en parfait accord avec les remarques précédentes.

(5) *Journal of the Indian Chem. Soc.*, **22**, 1945, p. 173.

(6) *Annales de Chimie*, **1**, 1914, p. 95.

(7) *Journal of the University of Bombay*, II, 1942, p. 70.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution colloïdale des solutions de caramel.* Note de M[lle] **Huguette Sellier**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Nos solutions ont été préparées de la façon suivante : le saccharose est porté au four électrique à la température moyenne de 215° jusqu'à l'arrêt du boursoufflement et du dégagement gazeux.

Le caramel obtenu est dissous dans l'eau distillée à 100° puis soumis ensuite à une dialyse prolongée (plusieurs semaines) jusqu'à ce que l'eau de dialyse soit incolore.

Après cette opération, la solution de caramel présente une teinte brun rouge foncé. Elle s'avère remarquablement stable car sa densité optique ne varie pas avec le temps par conservation à la glacière.

L'étude spectrophotométrique met en évidence la diminution régulière de la densité optique en fonction des longueurs d'onde croissantes. Le graphique ne révèle donc aucune absorption sélective. Ces solutions suivent la loi de Beer Lambert pour des concentrations inférieures à 30^g par litre. A la température de 25° pour une concentration de 5^g,8 par litre leur conductibilité électrique est de $9{,}866.10^{-5}$ mhos.

De nombreux électrolytes (acétate de Pb, bisulfate de K, sulfate d'Al, eau de baryte, alumine, alun de K) en provoquent la floculation. Ce déséquilibre n'affecte jamais la totalité du colloïde, car après sédimentation du floculat la solution surnageante reste légèrement colorée en jaune clair.

Les acides minéraux, les bases, quelques sels tels que NaCl, KCl, $BaCl_2$, SO_4K_2, $AlCl_3$, $ThCl_4$ ne provoquent jamais la floculation quelles que soient les concentrations respectives de l'électrolyte et du colloïde.

Les hydrosols de caramel semblent beaucoup plus stables et moins faciles à floculer que les hydrosols de carbone dont les propriétés ne sont pas sans présenter certaines analogies.

Le colloïde de caramel fixe les colorants colloïdaux électro-positifs, mais ne fixe pas les colorants colloïdaux électro-négatifs. Nos expériences ont été effectuées sur plusieurs colorants des deux signes [bleu victoria (+), bleu de méthylène (+), rouge diamine (—), bleu de méthyle (—)].

Nous avons employé pour ces mesures la méthode spectrophotométrique instituée par A. Boutaric et S. Fabry [1].

Ces résultats s'expliquent du fait que le transport électrophorétique montre que les granules de caramel sont électro-négatifs.

Signalons cependant que l'électrophorèse n'est jamais totale; une partie colorée du sol n'est en effet pas entraînée. Peut-on l'attribuer à un résidu non colloïdal incomplètement éliminé par dialyse? Nous ne le pensons pas car

(1) *Ann. Soc. Scient. Bruxelles*, série I, 62, 1948, p. 47.

l'ultrafiltration de cette fraction non électrophorétique fournit un liquide ultrafiltré parfaitement incolore.

Ceci semblerait indiquer que les matières colorantes qui ne sont pas entraînées sont de nature colloïdale, mais vraisemblablement de poids moléculaire très élevé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la chimie des solutions métalliques diluées.* Note de M. **Léon Jollivet**, présentée par M. Albert Portevin.

L'industrie métallurgique utilise de plus en plus les procédés d'affinage basés sur l'addition au métal fondu de certains éléments qui provoquent la séparation des impuretés dans une phase distincte. Depuis un siècle on extrait l'argent du plomb par une addition de zinc. Plus récemment Kroll a indiqué (¹) des séparations nouvelles par l'emploi de métaux alcalins ou alcalino-terreux et de nombreux procédés semblables ont été créés.

Malgré d'importantes recherches, ces connaissances étaient restées purement empiriques avant nos travaux. Nous avons montré (²) que toutes ces séparations sont causées par le même phénomène, suivant une même loi dont la connaissance nous a permis de découvrir des séparations nouvelles. Ainsi se précise une chimie des solutions métalliques diluées dont nous indiquons ici la base et les premiers aspects.

Elle est dominée par le *phénomène de dissociation des composés*. Lorsque deux éléments A, B, d'une telle solution se combinent, une phase solide apparaît constituée uniquement par le composé formé A_pB_q. La réaction aboutit toujours à un équilibre. Les constituants non combinés restent dans le liquide et leurs concentrations vérifient la relation $p \log a + q \log b = P - (Q/T)$ (a, b concentrations des éléments AB à la température absolue T). Cette relation caractérise le phénomène de dissociation du composé solide en équilibre avec ses constituants libres dans le liquide. Elle permet de déterminer la formule des composés, leur chaleur de formation à partir des éléments dissous et de délimiter nettement leur domaine.

Nous avons caractérisé ainsi plusieurs dizaines de composés entre des éléments dissous dans du plomb (²). Les composés obtenus par A. S. Russel et ses collaborateurs entre éléments dissous dans le mercure (³), et les réactions indiquées pour l'affinage de l'étain, de l'aluminium, du cuivre, du nickel et du fer (¹) suivent probablement la même loi.

Les résultats déjà obtenus donnent quelques aspects de cette chimie. Les *composés binaires* sont plus nombreux que ne l'indiquent les diagrammes

---

(¹) *Met. und Erz.*, 1922, p. 13; 1938, p. 11-12.

(²) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1822; 228, 1949, p. 1128; 228, 1949, p. 1495.

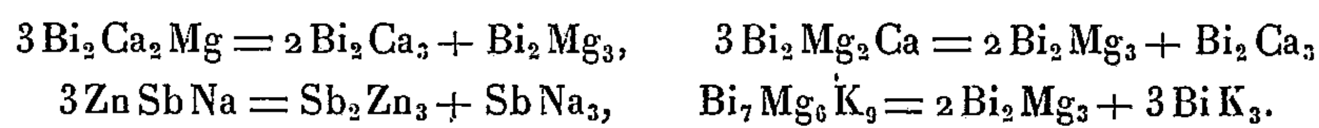
(³) *Jour. Chem. Soc.*, 1932, p. 841-852; 1934, p. 1750.

actuels. L'aptitude des éléments à entrer en combinaison les classe d'une manière nouvelle : l'or réagit avant le cuivre sur le zinc. Les éléments voisins ont souvent des affinités très différentes. Ainsi on sépare facilement Bi-Sb par le sodium, As-Sb par le zinc. D'après les chaleurs de formation connues, il est probable que Zn-Cd sont séparés par le cuivre, Ni-Co par l'aluminium, La-Pr par le magnésium ou l'aluminium.

Cette dernière séparation doit être plus efficace que par tout autre procédé connu, et il est probable que des réactions semblables permettront facilement certaines séparations délicates, telles que celles des métaux alcalins, alcalino-terreux (Ba-Ra en particulier), des éléments des terres rares et de ceux de la mine du platine.

Pour régler ces séparations on peut agir sur les concentrations, la température et sur la nature du solvant dont dépendent en partie les constantes d'équilibre. Lorsque ces dernières sont suffisamment faibles, les réactions sont presque totales; ainsi s'explique la méthode indiquée par G. M. Bouton et G. S. Phipps pour doser le calcium allié au plomb (4), en déterminant la quantité d'antimoine à ajouter au métal fondu pour qu'un échantillon solidifié prenne un aspect caractéristique.

Les *composés ternaires ou quaternaires* sont très nombreux. Leur composition est souvent en relation simple avec celle des composés binaires des constituants :



$$3\,Bi_2Ca_2Mg = 2\,Bi_2Ca_3 + Bi_2Mg_3, \qquad 3\,Bi_2Mg_2Ca = 2\,Bi_2Mg_3 + Bi_2Ca_3$$
$$3\,ZnSbNa = Sb_2Zn_3 + SbNa_3, \qquad Bi_7Mg_6K_9 = 2\,Bi_2Mg_3 + 3\,BiK_3.$$

Ces relations n'impliquent pas la formation des composés ternaires par combinaison des composés binaires. L'expérience montre au contraire que tous les composés sont en équilibre avec leurs constituants libres dans le liquide. Nous pensons qu'il faut y voir l'indication de niveaux d'énergie dont les combinaisons arithmétiques correspondent aux différents composés.

En général les *constantes d'équilibre diminuent à mesure que les composés deviennent plus complexes*. Cette règle, très importante, explique plusieurs procédés d'affinage récents : Pour améliorer la séparation Bi-Pb on forme des composés ternaires (Mg-Ca) et même quaternaires (Mg-Ca-Sb); de même on réalise une séparation très poussée des éléments Sb-Pb en formant des composés ternaires (Zn-Na) et même quaternaires (Zn-Na-Mg ou Ca).

Par leur variété ces complexes permettent de faire des séparations que les composés binaires ne permettent pas. On peut ainsi désargenter les plombs antimoniés par le calcium qui forme des composés triples avec l'antimoine et l'argent.

Cette nouvelle orientation de la chimie des milieux métalliques fournit donc

---

(4) *Elect. Chem. Soc.*, Preprint, 92, p. 13.

une base scientifique à tous les procédés d'affinage en milieu métallique et permet d'en étendre l'emploi.

Elle permet encore de résoudre de délicats problèmes de séparation des métaux et peut même fournir des méthodes d'analyse très rapides.

Elle apporte enfin une importante contribution à la connaissance des milieux métalliques, en caractérisant les composés d'une manière directe, parmi les plus sensibles des méthodes connues.

PHOTOCHIMIE. — *Explication du changement de cinétique dans l'oxydation du* C *à* 1450°C. Note de M. **Raoul-Henri Busso**, présentée par M. Paul Pascal.

MM. Audubert et Racz ([1]), confirmant les observations antérieures d'un certain nombre d'auteurs ([2]), ([3]), ([4]), ([5]), ([6]), ([7]), ([8]), trouvaient deux cinétiques d'oxydation du carbone : l'une à température inférieure à 1570°K, l'autre supérieure à 1770°K. Des expériences plus précises qui ont été faites récemment permettent de situer le maximum de vitesse d'oxydation à 1720°K. La figure suivante montre la courbe des valeurs expérimentales de la vitesse d'oxydation (perte de poids en grammes par minute par centimètre carré) en fonction de la température absolue.

Les mécanismes de réaction imaginés jusqu'ici pour rendre compte du brusque changement de la vitesse d'oxydation ne sont pas satisfaisants; le mécanisme que nous proposons ne fait appel à aucune hypothèse arbitraire.

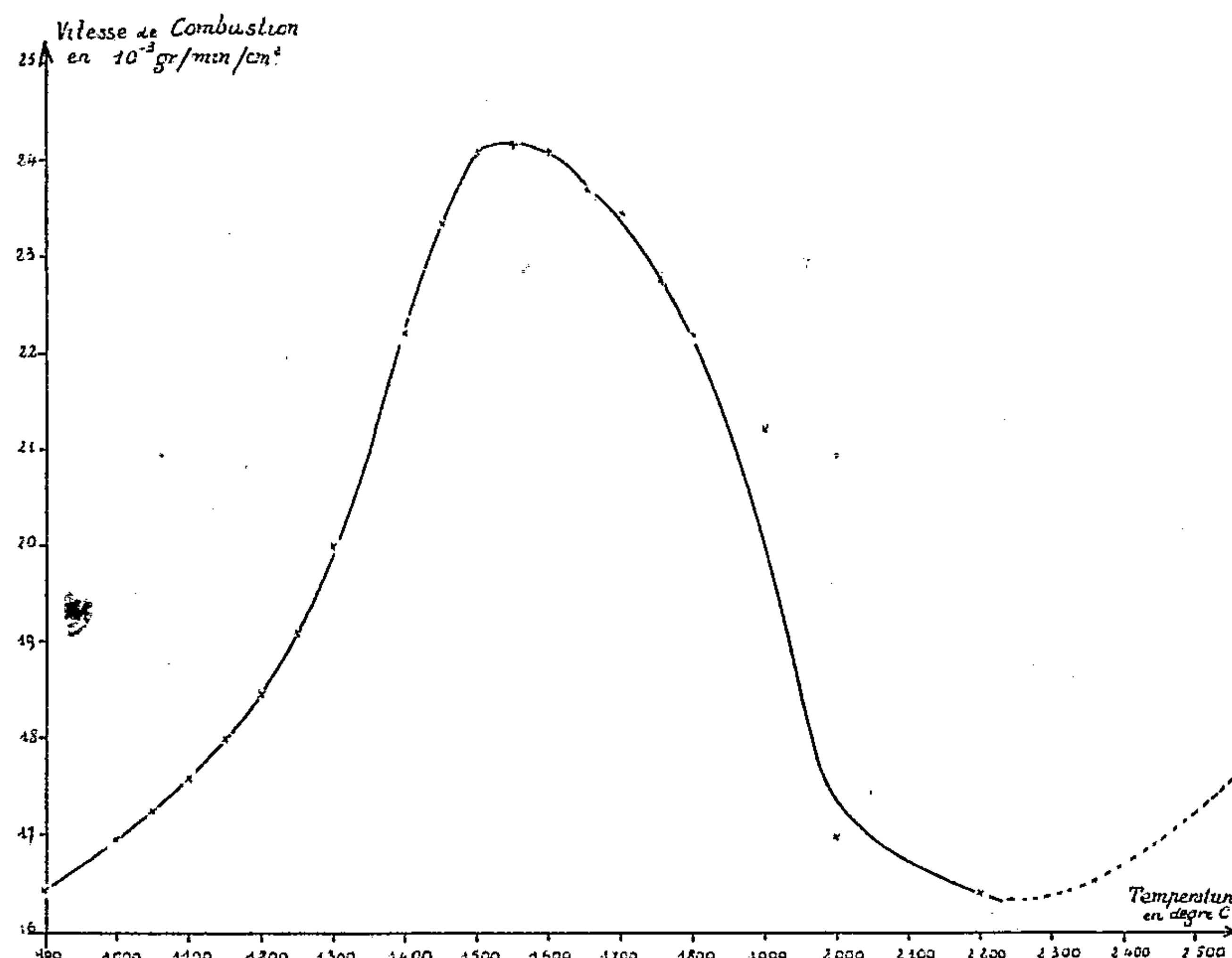
Les phénomènes particuliers que présente le graphite dans l'adsorption de l'oxygène et dans la catalyse, traduisent l'existence de centres actifs situés, non pas sur les plans, mais sur les surfaces prismatiques hexagonales, c'est-à-dire sur les bordures perpendiculaires aux plans. On sait, d'autre part, que les distances entre plans augmentent, tandis que les distances interatomiques dans le plan diminuent quand la dimension du cristallite décroît.

Green et Topley ont montré qu'à 1170°K, la combustion du cristal de graphite commence sur les bords des plans et qu'elle se poursuit plan par plan ([9]). On peut, à partir de ces données de l'expérience, expliquer le changement de cinétique entre 1570 et 1770°K.

Aux températures inférieures à 1170°K, la vitesse de formation des centres

([1]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 752; 219, 1944, p. 254; 225, 1947, p. 144.
([2]) Eucken, *Zeits. Angew. Chem.*, 43, 1930, p. 983.
([3]) L. Meyer, *Zeits. Physk. Chem.*, B, 17, 1932, p. 385.
([4]) Sivhonen, 1935, voir *Trans. Faraday Soc.*, 34, 1938, p. 1062.
([5]) Lambert, *Trans. Faraday Soc.*, 32, 1936, p. 452.
([6]) Parker et Hottel, *Ind. Eng. Chem.*, 28, 1936, p. 1334.
([7]) L. Meyer, *Trans. Faraday Soc.*, 34, 1938, p. 1056.
([8]) Strickl et Constable, *Trans. Faraday Soc.*, 40, 1944, p. 333.
([9]) Green et Topley, *Nature*, 129, 1932, p. 905.

actifs par combustion des bords de l'assemblage des cristallites (réaction qui s'accompagne d'un développement de la surface d'attaque), est lente. L'activation des surfaces prismatiques n'atteint son maximum que vers 1200°K.



Les centres actifs existants rendent compte des très fortes chaleurs d'adsorption de l'oxygène sur le carbone.

La réactivité des centres actifs croît avec la température, ce qui accélère la vitesse de combustion et par suite la vitesse de formation des atomes de C actifs : il y a auto-accélération du processus de combustion.

En catalyse on observe une baisse d'activité à partir de 1570° K, de même que pendant l'oxydation la vitesse de combustion décroît légèrement à partir de cette température. On sait qu'aux environs de 1570-1670° K commence la recristallisation du graphite. A partir de ces températures la vitesse de formation des centres actifs décroît et c'est pour cette raison que la vitesse d'oxydation passe par un maximum à 1720° K.

De 1720 à 2270° K le processus de destruction des centres actifs par remaniement des liaisons libres s'accélère, la vitesse de combustion décroît à 2270° K elle est sensiblement du même ordre de grandeur qu'à 1370° K.

Au-dessus de 2270° K il n'y a plus de centre actif ou bien leur vie moyenne est trop courte pour leur permettre de réagir, mais les atomes sont de plus en plus faiblement liés (la sublimation du carbone devient appréciable), la réactivité de certains atomes de bord croît à nouveau avec la température, la vitesse d'oxydation croît sans présenter de maximum vraisemblablement jusqu'à ce que le carbone s'oxyde en phase vapeur.

Au-dessous de 1720° K la réaction superficielle ne dépend que de la concentration en oxygène du gaz qui frappe la surface du complexe d'oxydation ou la surface du graphite nue, la réaction est du premier ordre.

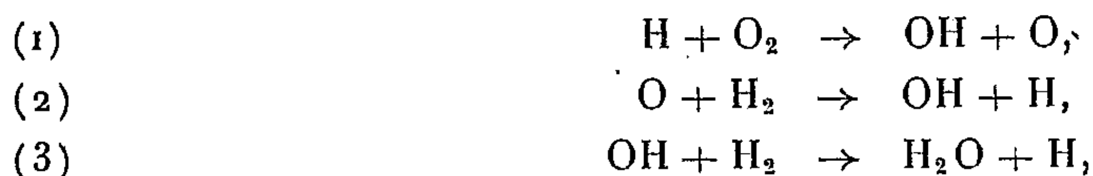
Au-dessus de 1720° K, la vitesse de réaction ne dépend que de la concentration des centres activés par la température (vibrationnellement activés); la réaction est d'ordre zéro.

La description des centres actifs et leur classement par ordre de réactivité, permis par l'application des notions modernes de la chimie théorique, feront l'objet d'une prochaine publication.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Influence des gaz diluants sur les domaines d'inflammabilité de l'hydrogène.* Note de MM. **Jean Elston** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Les domaines d'inflammabilité des mélanges $H_2 - O_2$ et $H_2 - (21\,O_2 + 79X)$ (X pouvant être N_2, CO_2, A ou He) ont été étudiés aux pressions inférieures à la pression atmosphérique et en propagation ascendante dans des tubes de 96^{cm} de longueur, fermés aux deux extrémités et de diamètres variables [1]. L'inflammation était produite par une étincelle de haute fréquence jaillissant entre deux électrodes de tungstène.

Avec un tube de 25^{mm} de diamètre, le domaine d'inflammabilité des mélanges $H_2 - O_2$ est compris entre les deux limites 3,95 et 93,5 % H_2. En appliquant la théorie de Mole [2] et le schéma réactionnel



(1) $H + O_2 \rightarrow OH + O,$

(2) $O + H_2 \rightarrow OH + H,$

(3) $OH + H_2 \rightarrow H_2O + H,$

et utilisant le même raisonnement que Linnett [3], pour les concentrations comprises entre 15 et 88 % H_2, les résultats expérimentaux sont représentés, à moins de 3,5 % près par la relation :

$$\frac{2.027}{p_{H_2}} + \frac{5.400}{p_{O_2}} = p_{H_2} + 14,2\,p_{O_2}.$$

Ceci montre que la réaction (1) est la plus lente et contrôle la vitesse de ramification. Le facteur 14,2, quoique trop élevé, correspond au rapport des coefficients de diffusion des centres actifs à travers l'hydrogène et l'oxygène. L'influence du diamètre est trop importante pour que, dans des tubes plus étroits (16^{mm}), on puisse mettre en évidence une relation analogue à la précé-

(1) Pour les petits diamètres voir : J. Elston et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1313 et *Colloque International sur la Cinétique de l'inflammation*, Paris, 1948 (sous presse).

(2) *Proc. Phys. Soc.*, 48, 1936, p. 857.

(3) J. W. Linnett, E. J. Raynor et W. E. Frost, *Trans. Farad. Soc.*, 41, 1945, p. 487.

dente. Mais on constate que les pressions-limites correspondant au mélange stœchiométrique sont indépendantes du diamètre jusqu'à une certaine valeur de ce dernier comprise entre 12 et 8^{mm}, mais dépendent de la distance séparant les électrodes.

L'addition de gaz inertes au mélange $2H_2+O_2$ a donné des résultats analogues à ceux de Thompson ([4]) et de Linnett ([3]) et nous en avons conclu comme ce dernier, mais contrairement à Thompson, que lors de l'inflammation la rupture des chaînes se produit non sur les parois mais dans la masse gazeuse entourant l'étincelle. Les inertes empêchent alors la diffusion des centres actifs vers cette zone.

C'est ainsi qu'avec le mélange $2H_2+O_2$ les premières additions de molécules diluantes abaissent d'autant plus la pression *limite* que leur rayon moléculaire est plus grand. Cependant la pression *critique* du mélange $H_2 — O_2$ est d'autant plus faible que la distance des électrodes est plus grande et elle a lieu pour des concentrations en oxygène d'autant plus importantes que le diamètre est plus grand. L'influence des dimensions et de la forme du récipient n'intervient que quand le mélange $2H_2+O_2$ est suffisamment dilué avec l'oxygène ou un gaz inerte.

Les résultats précédents montrent que le mécanisme des réactions d'inflammation par étincelle est analogue à celui qui a été observé dans la *péninsule* entre les limites inférieure et supérieure *d'explosion*. Mais suivant les conditions expérimentales (intensité de l'étincelle, concentration en oxygène) on s'approche plus ou moins soit des caractères de la limite inférieure soit de ceux de la limite supérieure d'explosion.

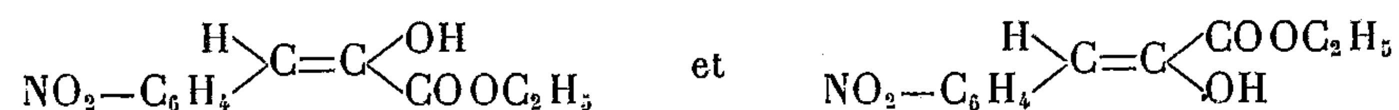
Au-dessous de 13,5 % H_2 et jusqu'à la limite inférieure d'inflammabilité, avec les mélanges $H_2 — O_2$ et dans le cas des tubes de 16 et 25^{mm} de diamètre, il existe une relation linéaire donnant la pression limite en fonction du rapport : (pression partielle de O_2 ajouté/pression partielle du mélange stœchiométrique). La pente des droites est inversement proportionnelle au carré de la distance séparant les électrodes du fond du tube. Dans cette région la quantité relative de gaz diluant (oxygène ou gaz inerte) devient plus importante et cause un effet refroidissant : l'effet extinctif du diluant croît avec sa chaleur spécifique, sauf pour l'hélium avec lequel l'énergie se dissipe trop rapidement par suite de sa conductibilité thermique élevée. Avec un tube très étroit (8^{mm}) la rupture des chaînes à la paroi n'est pas mise en évidence et l'influence des diluants apparaît toujours comme étant d'ordre thermique. Les résultats obtenus dans ce cas où les parois sont très proches de la zone de l'étincelle suggèrent un mécanisme d'inflammation différent de celui du cas général.

En résumé il a été possible d'interpréter les allures relatives des domaines d'inflammabilité des mélanges $H_2 — O_2$ plus ou moins dilués par divers gaz.

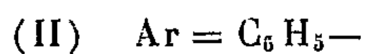
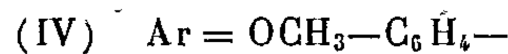
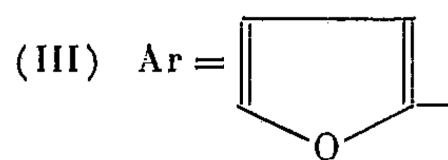
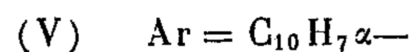
([4]) *Trans. Farad. Soc.*, 28, 1932, p. 299.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode générale de synthèse des α-(nitro-4 phényl) β-aryl-éthylènes.* Note (*) de M. **Paul Cordier** et Mme **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons indiqué que l'ester éthylique de l'acide *p*-nitrophénylpyruvique F 106° se condensait avec les aldéhydes aromatiques, en milieu alcalin, pour donner les sels d'acides γ alcool α cétoniques, cyclisables en milieu acide en oxolactones seules isolables. En poursuivant cette étude nous avons été amenés à isoler une deuxième forme de cet ester F 120° dont la réaction avec les aldéhydes est tout à fait différente; dans les mêmes conditions opératoires précédemment décrites, nous avons obtenu, non pas les lactones attendues, mais des composés neutres que nous avons identifiés comme étant des dérivés α-(nitro-4 phényl) β-aryléthyléniques de formule générale : $_{(4)}NO_2-C_6H_4-CH=CH-Ar$. Les deux esters isolés (F 106° et F 120°) donnent avec le perchlorure de fer une intense coloration témoignant d'une énolisation; or Wislicenus n'a décrit qu'une forme F 106° à laquelle il a attribué une structure énolique ([2]). Il nous paraît judicieux d'envisager que les deux esters obtenus par nous sont deux isomères énoliques *cis* et *trans* répondant aux structures suivantes :



La différence de comportement de ces isomères peut s'expliquer en admettant une labilité plus grande de l'un d'eux en milieu alcalin donnant naissance à du *p*-nitrotoluène qui se condenserait immédiatement avec l'aldéhyde en donnant un dérivé éthylénique. Cette explication fait admettre une formation de *p*-nitrotoluène, or nous avons vérifié que celui-ci, placé dans les mêmes conditions expérimentales avec les aldéhydes étudiés ne donne aucune réaction. Il se peut donc que les dérivés éthyléniques proviennent de la transformation des composés initialement formés entre l'ester F 120° et les aldéhydes; ces composés étant beaucoup moins stables que ceux obtenus avec l'ester-isomère F 106° se scindent en acide oxalique et dérivés nitrostilbéniques de structure $_{(4)}NO_2-C_6H_4-CH=CH-Ar$ (I)

(*) Séance du 8 juin 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1130-1132.

([2]) Wislicenus, *Ann.*, **436**, 1924, p. 58.

Nous pouvons ainsi admettre que les dérivés (I) sont obtenus sous la forme *cis*, qui peut d'ailleurs se transformer en forme *trans* au cours de la réaction. Cette méthode présente un réel intérêt du fait du peu de réactivité du *p*-nitrotoluène vis-à-vis des aldéhydes aromatiques ([3]), ([4]), ([5]), ([6]) : les rendements indiqués sont de l'ordre de 3 % dans le cas des aldéhydes non substitués, de 9 % pour les *p*-dialcoylaminobenzaldéhydes. Les composés stilbéniques (II) et (IV) obtenus sont identiques à ceux déjà étudiés par Pfeiffer et Sergiewskaja ([7]), ([8]) par condensation de l'acide *p*-nitrophénylacétique avec les aldéhydes benzoïque et anisique sous l'action de la pipéridine et à une température de l'ordre de 150°. Les composés éthyléniques (III) et (V) ne sont pas signalés dans la bibliographie. Nous devons préciser d'autre part que l'ester *p*-nitrophénylpyruvique F 120° se condense, en milieu acétochlorhydrique bouillant, avec les aldéhydes benzoïque et anisique pour donner, avec de bons rendements, les lactones correspondantes déjà signalées. Nous avons vérifié que l'ester F 106° réagissait dans ces conditions. Le traitement de l'ester F 120° à froid par le mélange acétochlorhydrique, nous conduit à l'ester F 106°, ce qui explique la formation des lactones par ce même réactif à chaud. La forme 106° se transforme assez rapidement sous l'action du temps et de la lumière en forme 120°. La transformation inverse a lieu sous l'action de la chaleur.

Partie expérimentale. — A. *Préparation de l'ester* F 120°. — Le mode opératoire décrit dans la précédente Note ([1]) nous a conduits tantôt à la forme F 106°, tantôt à la forme F 120°. Ces esters ont les mêmes propriétés, toutefois la forme F 120° est moins soluble dans l'alcool que l'autre forme.

B. *Condensation avec les aldéhydes aromatiques.* — Nous avons suivi la même technique ([1]). Les dérivés α-(nitro-4 phényl) β-aryléthyléniques sont obtenus avec un rendement de 50 à 60 %.

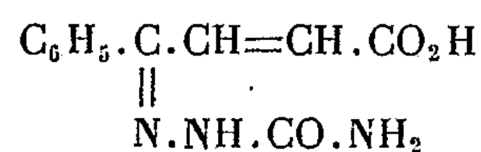
Description des corps obtenus : (II). — Nitro-4 stilbène $C_{14}H_{11}O_2N$, F 157° (alcool). [Pfeiffer ([7]) indique F 155° pour la forme fondant haut et F 65° pour la forme fondant bas.] Fines aiguilles jaune clair, peu solubles dans l'alcool. *Analyse :* trouvé C % 74,68; H % 4,82; N % 6,02; calculé pour $C_{14}H_{11}O_2N$, C % 74,66; H % 4,88, N % 6,26. (IV). — Nitro-4 méthoxy-4′ stilbène $C_{15}H_{13}O_3N$, F 134° (alcool). [Pfeiffer ([8]) indique F 134° pour la forme fondant haut et 132° pour la forme fondant bas.] Cristaux jaune d'or. *Analyse :* trouvé C %, 70,71; H %, 5,10; N %, 5,52. Calculé pour $C_{15}H_{13}O_3N$, C %, 70,59; H %, 5,09; N %, 5,49. (III). — α-(nitro-4 phényl) β-furfuryléthylène $C_{12}H_9O_3N$, F 131° (alcool). Cristaux jaune orangé, très solubles dans l'alcool et le benzène. *Analyse :* trouvé C %, 67,16; H %, 4,21; N %, 6,54; calculé pour $C_{12}H_9O_3N$, C %, 66,98; H %, 4,18; N %, 6,51.

([3]) SKRAUP et BÖHM, B., 59, 1926, p. 1013.
([4]) ULLMANN et GSCHWIND, B., 41, 1908, p. 2292.
([5]) CHARDONNENS et HEINRICH, *Hel. Chim. Acta*, 22, 1939, p. 1471-82.
([6]) DIPPY et Coll., *J. Chem. Soc. Ind.*, 56, 1937, p. 396.
([7]) PFEIFFER et SERGIEWSKAJA, B., 44, 1911, p. 1107.
([8]) PFEIFFER, B,. 48, 1915, p. 1793.

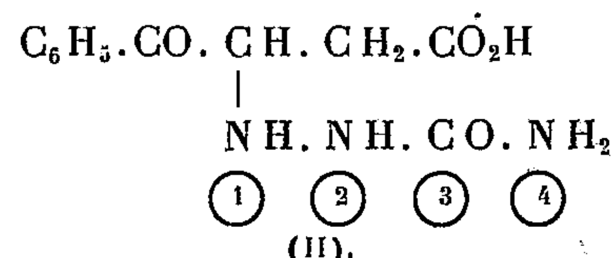
(V). — α-(nitro-4 phényl) β-(naphtyl-1') éthylène $C_{18}H_{13}O_2N$, F 185° (alcool). Cristaux jaune verdâtre, très peu solubles dans l'alcool. *Analyse :* trouvé C %, 78,05; H %, 4,70; N %, 5,22; calculé pour $C_{18}H_{13}O_2N$, C %, 78,54; H %, 4,73; N %, 5,10.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la semicarbazide sur l'acide benzoylacrylique.* Note de MM. **Joseph Bougault** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide benzoylacrylique $C_6H_5.CO.CH{=}CH.CO_2H$, réagissant sur la semicarbazide donne naissance à deux composés différents suivant la réaction du milieu. En liqueur acide minéral (H_2SO_4 ou HCl), il se forme la semicarbazone (I) par réaction sur la fonction cétonique; en milieu alcalin, neutre ou acide organique, (CH_3COOH) c'est la double liaison qui entre en jeu, et il se forme une semicarbazide substituée en position (¹) (II)



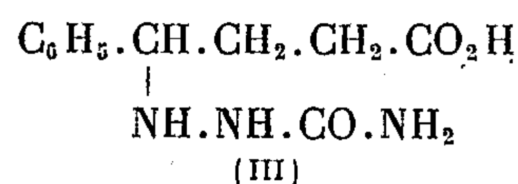
(I).



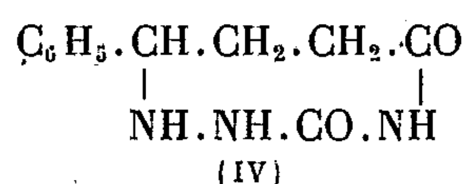
(II).

I. L'acide semicarbazone (I) fond à 260° (inst.); il est peu soluble dans l'alcool, insoluble dans l'eau et dans l'éther. Il ne réduit pas le réactif de Nessler.

Hydrogéné à froid par l'amalgame de sodium à 3 %, il donne un acide semicarbazide saturé (III), fondant à 150°, réduisant le réactif de Nessler, et qui, chauffé à 100° avec de l'acide sulfurique normal, se cyclise en donnant le composé (IV) décrit par nous antérieurement (¹),



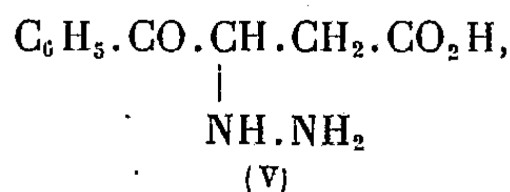
(III)



(IV)

II. La semicarbazide réagissant en milieu alcalin, neutre ou acide acétique donne l'acide semicarbazide (II) fondant à 215° et qui se différencie, en outre, de l'acide semicarbazone par son action sur le réactif de Nessler qu'il réduit.

Ce composé est insoluble dans l'eau, l'éther, très peu soluble dans l'alcool; chauffé avec l'acide chlorhydrique dilué au 1/20, il se dissout puis se décompose en dégageant du gaz carbonique. Le produit de cette décomposition est l'acide hydrazinique (V), chez lequel la position du groupement hydrazinique est ainsi fixée.



(V)

(¹) J. Bougault, E. Cattelain et P. Chabrier, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 876.

Ce corps fond à 212° (inst.); il est insoluble dans l'eau et dans l'éther, peu soluble dans l'alcool, soluble dans les acides forts dilués (HCl, H_2SO_4). Il réduit le réactif de Nessler.

Ce composé est identique au produit de la réaction de l'hydrazine sur l'acide benzoylacrylique, faite en milieu alcalin, neutre ou acétique.

Ces conclusions infirment celles de Gabriel et Colman ([2]) d'une part, Auwers ([3]) d'autre part, qui avaient admis que la fixation de l'hydrazine se faisait sur la fonction cétonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mésodiméthylanthracènes substitués II.* Note de M. **Paulus de Bruyn**, présentée par M. Marcel Delépine.

Pour introduire le groupement amino dans les mésodiméthylanthracènes je me suis servi de la transposition de Beckmann des oximes des dérivés acétylés, qui, dans la série du phénanthrène, s'est révélée être la meilleure méthode pour la préparation des aminophénanthrènes ([1]). Les dérivés acétylés se préparent par l'acétylation directe des mésodiméthylanthracènes substitués à l'aide du chlorure stannique. J'ai obtenu ainsi :

diméthyl-9.10 *chloro*-1 *acétyl*-4 *anthracène* $C_{18}H_{15}OCl$: F 119° ([2]) alcool;
oxime $C_{18}H_{16}ONCl$: F vers 187° (alcool);
diméthyl-9.10 *chloro*-2 *acétyl*-3 *anthracène* $C_{18}H_{15}OCl$: F 157° (alcool);
oxime $C_{18}H_{16}ONCl$: F 224° (alcool);
triméthyl-2.9.10 *acétyl*-3 *anthracène* $C_{19}H_{18}O$: F 175° (alcool);
oxime $C_{19}H_{19}ON$: F 243° (benzène);
diméthyl-9.10 *méthoxy*-2 *acétyl*-3 *anthracène* $C_{19}H_{18}O_2$: F 175° et 197° (alcool);
oxime $C_{19}H_{19}O_2N$: F 219° (benzène).

Les positions des acétyles n'ont pas été fixées.

La transposition de Beckmann de l'oxime du diméthyl-9.10 acétyl-2 anthracène par l'acide sulfurique concentré suivie d'hydrolyse donne l'amine correspondante.

La réaction de Skraup sur ce diméthyl-9.10 amino-2 anthracène ne réussit que par un entraînement (terme emprunté à la réaction de Grignard) à l'aide de l'acide ortho ou paraaminobenzoïque. On obtient ainsi avec un rendement de 8-12 % le *diméthyl*-9.10 *aza*-4' *benz*-1.2 *anthracène* $C_{19}H_{15}N$ isolé sous forme de *picrate* $C_{19}H_{15}NC_6H_3O_7N_3F$ vers 240° (dioxane). L'extrait benzénique du picrate décomposé par l'ammoniaque cristallise par évaporation du

(2) *Ber. d. chem. Gesell.*, 32, 1899, p. 398.
(3) *Liebig's Annalen*, 470, 1929, p. 302.

(1) Bachmann et Boatner, *J. Am. Ch. Soc.* 58, 1936, p. 2097.
(2) Tous les points de fusion ont été pris au bloc Maquenne (fusion instantanée).

solvant. Il fond alors à 128-129°. J'ai eu trop peu de quinoléine pour la recristalliser.

Cette quinoléine donne, comme d'autres quinoléines, des produits d'addition avec les bisulfites. Il s'agit là d'une propriété curieuse découverte par Brunck et Graebe (3) en 1882, complètement oubliée depuis, qui établit une analogie entre aldéhydes et cétones d'une part et quinoléines d'autre part. J'ai trouvé que la diméthyl-para-toluidine et la diméthyl-ortho-toluidine donnent également des produits cristallisés avec le bisulfite d'ammonium; par contre la diméthylaniline n'en donne pas. Quelques essais provisoires pour appliquer la curieuse réaction de Göszman (4) (décomposition thermique en amines des bisulfitiques ammoniacaux d'aldéhydes et de cétones) à la série des quinoléines sont restés négatifs jusqu'ici.

La haute réactivité que manifeste le diméthyl-9.10 anthracène dans l'acétylation, surtout en vue du fait qu'il s'agit d'une position qui correspond à la position β du naphtalène, n'est pas caractéristique pour ce corps. D'autres hydrocarbures tels que le fluorène, l'acénaphtène, l'anthracène et le phénanthrène réagissent également avec l'anhydride acétique en présence du chlorure stannique. Tous donnent des précipités cristallisés. Le fluorène qui donne l'acétyl-2 fluorène ressemble le plus au diméthylanthracène par la couleur rouge orangé du précipité qui s'apparente à la belle couleur rouge cerise que donne le diméthylanthracène. L'acénaphtène donne un corps incolore, F vers 126° (éther-éther de pétrole).

Le travail est poursuivi sur tous les points. Les détails seront publiés ultérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation photochimique de la chloropicrine en phosgène et la caractérisation de ces deux corps.* Note de MM. **Henri Moureu**, **Paul Chovin** et **Louis Truffert**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Ayant eu récemment à connaître d'un triple cas d'intoxication accidentelle par la chloropicrine, au cours de laquelle les complications pulmonaires présentées par les malades ne se laissaient que difficilement expliquer par la présence de ce seul toxique, il a été procédé à une étude expérimentale détaillée des circonstances qui avaient précédé l'accident. Celle-ci ayant révélé la possibilité d'une transformation de la chloropicrine, nous avons pu mettre en évidence une *décomposition photochimique* de ce corps avec mise en liberté de phosgène dont la formation est responsable des accidents observés. Le phénomène est d'importance puisque, en irradiant à la lumière solaire pendant

(3) *Ber.*, 15, 1882, p. 1783.
(4) *Ann.*, 91, 1854, p. 122; *Limpricht Ann.*, 93, 1855, p. 240.

un jour et demi un flacon de 2[l] en verre pyrex renfermant, en présence d'air, 500^{mg} de chloropicrine, on a recueilli 154^{mg} de diphénylurée symétrique correspondant à 72^{mg} de phosgène. L'apparition simultanée de vapeurs nitreuses indiquait une décomposition complexe.

La décomposition photochimique de la chloropicrine en phosgène et chlorure de nitrosyle selon l'équation de réaction

(I) 

$$CCl_3NO_2 \rightarrow COCl_2 + NOCl$$

semblable, du point de vue purement formel, à sa décomposition thermique, a déjà été étudiée par plusieurs auteurs, en phase aqueuse ([1]), en phase alcoolique ou acétonique ([2]), ou même en phase gazeuse ([3]), ([4]). Dans ce dernier cas, le seul qui nous intéresse ici, Radulescu et Zamfirescu signalent que la décomposition est stoppée par l'apparition du chlorure de nitrosyle dont les molécules, formant écran, absorbent la lumière et protègent les molécules de chloropicrine restantes. En ce qui nous concerne, l'apparition des vapeurs nitreuses prouve au contraire que la réaction a été poursuivie jusqu'à décomposition du chlorure de nitrosyle en chlore et bioxyde d'azote, lequel, en réagissant sur l'oxygène de l'air présent dans le flacon, s'est transformé en peroxyde. Au total, on doit pouvoir schématiser la décomposition selon l'équation (I), à laquelle il convient d'adjoindre les deux réactions ultérieures (II) et (III), dont la seconde seule (III) est susceptible de prendre une extension notable

(II) 

$$COCl_2 \rightarrow CO + Cl_2,$$

(III) 

$$2NOCl \rightarrow 2NO + Cl_2.$$

Si la décomposition a lieu en présence d'air, il faut ajouter la réaction (IV),

(IV) 

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2.$$

L'étude de la transformation a été grandement facilitée par la mise au point que nous avons faite de divers réactifs sensibles et spécifiques des deux toxiques, chloropicrine et phosgène, alors que pour ceux qui avaient déjà été proposés, la sensibilité ou la spécificité laissait à désirer ([5]).

([1]) E. V. Alekzeevskii, *J. Gen. Chem.* (U. R. S. S.), 2, 1932, p. 341.

([2]) A. Piutti, *Gazz. Chim. Ital.*, 51, 1921, p. 145; *Atti Congr. Naz. Chim. pura applicata*, 1923, p. 437.

([3]) A. Piutti et F. P. Mazza, *Gazz. Chim. Ital.*, 57, 1927, p. 610.

([4]) Dan Radulescu et G. Zamfirescu, *Bull. Soc. Chim. Romania*, 17, 1935, p. 87.

([5]) Kling et Schmutz, *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 773; Suchier, *Z. Anal. Chem.*, 79, 1929, p. 183; Studinger, *Chem. and Ind.*, 56, 1937, p. 227; Cox, *Analyst*, 64, 1939, p. 807; Anger et Wang, *Mikrochimica Acta*, 8, 1938, p. 24; Isacescu, *Bull. Ac. Méd. Roumanie*, 19, 1946, p. 636; Tung-Lieh Pu et Chien-Tao-Lo, *J. of Chinese Chem. Soc.*, 8, 1941, p. 140; Hennig, *Gasschutz u. Luftschutz*, 7, 1937, p. 18.

De nombreux autres gaz halogénés ont été essayés avec nos réactifs sans qu'aucun d'entre eux ait donné les colorations caractéristiques développées par le phosgène et la chloropicrine. Seul, le chlore, à concentration quatre fois supérieure à celle de la chloropicrine, peut interférer avec cette dernière.

Réactif du phosgène. — Un excellent réactif du phosgène a été obtenu en mélangeant des volumes égaux d'une solution saturée de *p*-diméthylamino-benzaldéhyde (très pur) dans l'éthanol à 95° et d'un mélange de deux parties (en volume) d'une amine avec huit parties d'éthanol à 95°.

Un procédé commode d'utilisation consiste à imprégner du réactif une bande de papier que l'on essore et que l'on sèche très légèrement afin d'éliminer la plus grande partie de l'alcool.

Parmi toutes les amines essayées, c'est la *diméthylaniline* qui a donné les meilleurs résultats.

Le phosgène donne *une coloration bleue intense* qni permet de déceler, par simple exposition dans une atmosphère, 10^{mg} de ce gaz toxique par mètre cube d'air (la sensibilité pourrait être augmentée en faisant passer l'air à travers le papier réactif). La chloropicrine et le chlore n'interfèrent pas.

Réactif de la chloropicrine. — On a utilisé un mélange à parties égales de pyridine et de méthanol, saturé de cyanure de sodium et contenant 1 ‰ d'un phénol. Parmi les nombreux phénols essayés, le *phloroglucinol*, et, en second lieu, le *m-diéthylaminophénol* ont été retenus. Des papiers imprégnés de ces réactifs virent respectivement au *rouge violacé* et au *bleu vert ou bleu franc* et permettent, par simple exposition dans une atmosphère, de déceler 50^{mg} de chloropicrine par mètre cube d'air. Le phosgène ne gêne pas et, si le chlore donne des colorations semblables à celles qui sont fournies par la chloropicrine, ces colorations sont instables et disparaissent en quelques minutes au plus.

En résumé, la chloropicrine est un composé sensible à l'action de la lumière. Parmi les corps qui prennent naissance, il faut noter le phosgène, ce qui nous permet d'expliquer la forme grave que peuvent prendre certaines intoxications imputées à la chloropicrine. Chloropicrine et phosgène présents simultanément dans une atmosphère y sont aisément décelés par l'emploi de réactifs sensibles et spécifiques, grâce auxquels on ne peut les confondre avec aucun autre gaz toxique courant.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge du granite d'Imorshane, dans la vallée du Tifnout (versant Sud du Haut-Atlas marocain).* Note (*) de M. **Henri Vincienne**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

De sa naissance, à l'Est du Toubkal, aux abords de Taïssa, l'Asif Tifnout, haut affluent du Sous, entame le massif granitique qui prolonge, vers le Sud,

(*) Séance du 13 juin 1949.

le massif de l'Ouzellarh et de l'Ourika. Neltner et Moret ont montré qu'il y avait dans cet ensemble au moins deux montées granitiques : l'une antécambrienne (archéenne ou au plus algonkienne), l'autre post-géorgienne et vraisemblablement hercynienne. Toutefois, il semble qu'ils en aient considéré la plus grande partie, notamment le granite de la vallée du Tifnout, comme antécambrienne et même anté-Précambrien III (au sens de G. Choubert). La présente Note apporte une contribution au problème de l'âge des granites de la vallée du Tifnout, tout en se gardant de généraliser les résultats acquis par l'étude d'un point particulier de la vallée.

A la hauteur d'Imorshane (Imtekhsane des cartes au 200 000ᵉ et au 100 000ᵉ), sur la rive droite du Tifnout, le granite a été l'objet de recherches de molybdénite, que nous avons examinées en 1948, en compagnie de MM. Maget, Arbault, Bouladon, Saunal, Carpentier et Vincent, qui m'ont aidé à l'exploration du terrain. En ce point, le granite est recouvert par une épaisse masse d'andésite du Précambrien III (*cf.* carte de J. Dresch au 200 000ᵉ), qui forme la partie supérieure du versant droit de la vallée ([1]). L'étude de la zone de contact de l'andésite et du granite m'a amené à considérer le granite comme postérieur aux andésites.

Le granite d'Imorshane est un granite rose, de grain moyen, à biotite chloritisée et hornblende, riche en plagioclases : l'étude microscopique ne m'a montré, parmi ceux-ci, que de l'albite, paraissant secondaire, et ne m'a pas permis d'avoir une idée précise sur la nature originelle de la roche.

Sur la rive droite de l'oued, le granite présente manifestement les caractères périphériques d'un massif intrusif, qui excluent toute possibilité de mise en place des andésites sur une surface granitique d'érosion. Il prend un faciès de bordure, *granulitique*, rose, à éléments relativement gros, sans amphibole, sans muscovite, mais à chlorite ou biotite (parfois verte) peu abondantes, très riche en éléments blancs (orthose dominante), albite, quartz à tendance idiomorphe et pegmatitique. D'autre part, cette *granulite* forme un grand feuillet qui s'injecte dans la masse des andésites, de sorte que celles-ci reparaissent sous la granulite à l'amont d'Imorshane.

Dans le détail, la granulite se différencie localement en pegmatites (Arlat n'Isguerden) et en aplites, qui pénètrent en filonnets dans l'andésite. Celle-ci a été modifiée par le métamorphisme granitique. Au voisinage du contact, elle est souvent et profondément épidotisée et imprégnée de quartz dans toute sa masse ou par veinules; la zoïsite s'y est plus ou moins développée; la biotite verte s'y associe parfois à l'épidote, au quartz et aux minerais, pour former

([1]) Enfin, des gour crétacées reposent sur la surface arasée du granite et de l'andésite, conservées dans une sorte de graben, comme il résulte de la carte de Dresch et de l'examen du bord Ouest de la gara W. d'Imorshane : ce bord se redresse brutalement contre le granite, qui le domine vers l'Ouest.

des remplissages de veinules ou de cadavres de phénocristaux; le sphène et l'ilménite n'y sont pas rares; enfin l'amphibole y a été généralement recristallisée en petits cristaux allongés, parfois en agrégats dans des cadavres de feldspaths ou sur le bord des veinules de quartz; plus rarement, elle forme de grandes plages pœcilitiques. On passe progressivement du faciès andésitique à des roches claires qu'on pourrait prendre pour des cornéennes et qui sont sous le microscope des aplites fines, porphyroïdes ou non, à quartz souvent pegmatitique, feldspaths altérés, zoïsite et séricites abondantes, muscovite, parfois biotite verte très fraîche, épidote, ilménite, rutile, sphène, apatite et albite : ces roches, en lentilles importantes dans l'andésite, très hétérogènes, laissent deviner, dans la disposition de certains îlots sériciteux, des formes rappelant les phénocristaux feldspathiques des andésites voisines. Elles paraissent résulter d'un métamorphisme de contact intense sur la série andésitique, en rapport avec les injections aplitiques.

Quant à la molybdénite, sa répartition près du contact granulite-andésite, soit en mouches dans des veinules chloriteuses ou quartzo-chloriteuses N 20°E, soit en inclusions au voisinage de celles-ci, dans la granulite et les faciès de passage à l'andésite, indique la périphérie de l'intrusion granitique, qui s'est mise en place par digestion des andésites : l'abondance de l'amphibole, de la chlorite et des plagioclases dans le granite d'Imorshane semble en rapport avec l'endomorphisme de celui-ci.

Ces considérations géologiques, pétrographiques et métallogéniques permettent de conclure que le granite d'Imorshane est postérieur aux andésites du Précambrien III et par conséquent d'âge paléozoïque. Il semble qu'il doive être rapporté, comme les granites d'Azegour et du Tichka, au Carbonifère et à l'orogénèse hercynienne : cette hypothèse aurait l'avantage de relier génétiquement ces granites, tous trois minéralisés par la molybdénite.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les propriétés magnétiques des roches éruptives pyrénéennes.* Note de M. **Émile Thellier** et Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Les roches éruptives du Midi pyrénéen français ont été l'objet d'une étude approfondie de A. Lacroix qui a condensé ses observations en trois Notes relatives respectivement : aux ophites ([1]), aux péridotites ([2]) et aux roches filoniennes du crétacé ([3]). Les échantillons de roches, dont la description détaillée est donnée dans ces Notes, constituent de véritables étalons pétrogra-

---

([1]) *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 293-298.
([2]) *Comptes rendus*, 165, 1917, p. 381-387.
([3]) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 685-690.

phiques; il nous a paru intéressant d'en compléter l'étude en déterminant leur aimantation permanente et leur susceptibilité magnétique.

Ces mesures présentent d'ailleurs un intérêt pratique immédiat. Le trias salifère (keuper), qui joue un rôle important dans la Géologie théorique et appliquée du Midi pyrénéen, contient très généralement des masses dispersées de roche volcanique (ophite) qui provoquent de fortes anomalies du champ magnétique terrestre permettant de déceler facilement ce trias; par exemple, nous avons appelé l'attention sur la possibilité de découvrir et de délimiter, par une prospection magnétique rapide, les montées diapiriques de l'avant-pays pyrénéen ([4]). Pour conduire une telle prospection il est important d'avoir des données sur les propriétés magnétiques des roches de la région, spécialement des roches éruptives, les autres étant pratiquement amagnétiques.

Ophites ([1]).

N° Notes.	N° Muséum.	$\sigma.10^4$.	$\chi.10^6$.	N° Notes.	N° Muséum.	$\sigma.10^4$.	$\chi.10^6$.
1	D 1	1	1030	8	D 166	9	815
2	D 184	4,5	55	9	G 168	2	4170
3	D 154	24,5	670	10	D 173	–	980
4	D 160	–	610	11	D 172	–	19
5	G 147	10	1090	12	H 192	2	95
7	H 72	16	155				

Péridotites ([2]).

N° Notes.	N° Muséum.	$\sigma.10^4$.	$\chi.10^6$.	N° Notes.	N° Muséum.	$\sigma.10^4$.	$\chi.10^6$.
1	H 102	–	27	12	H 46	–	35
2	H 114	–	29	13	H 41	–	12
3	H 104	–	17	14	H 53	–	50
4	H 132	3	92	15	H 57	2	310
5	H 88	–	33	15 bis	H 49	–	30
6	H 89	5	390	16	H 58	0,5	25
7	H 90	2,5	110	17	Θ 64	–	30
8	H 63	–	10	18	Θ 63	–	30
9	H 64	–	9	19	Θ 66	–	45
10	H 43	–	17	20	Θ 202	14	4450
11	H 39	–	13	20 bis	Θ 203	7	2100

Roches filoniennes du Crétacé ([3]).

N° Notes.	N° Muséum.	$\sigma.10^4$.	$\chi.10^6$.	N° Notes.	N° Muséum.	$\sigma.10^4$.	$\chi.10^6$.
1	Σ 54	–	50	6	Θ 86	–	14
2	M 35	–	330	7	Θ 88	–	20
3	S 14	–	8	8	Θ 84	3,5	125
4	Σ 206	–	6	9	G 356	–	30
5	S 132	–	32	10	H 69	5	980

([4]) E. SCHNEIDER, E. THELLIER et Mme Odette THELLIER, *Ann. de Géophysique*, 4, 1948, p. 15-46.

Dans le tableau précédent, chaque échantillon est désigné par le numéro d'ordre qu'il porte dans la Note correspondante de A. Lacroix. Nous l'avons fait suivre du numéro de classement qu'il porte actuellement dans la collection générale du Laboratoire de Minéralogie du Muséum. La valeur σ est la mesure, en u.e.m.c.g.s., de l'aimantation spécifique permanente ([5]) et χ celle du coefficient d'aimantation ou susceptibilité massique ([6]).

Ce tableau montre que, hormis les avézacites (Θ 202 et 203) et la picrite (H 69) un peu exceptionnelles minéralogiquement d'après A. Lacroix, les péridotites et les roches filoniennes du crétacé sont généralement peu magnétiques comparativement aux ophites. Celles-ci sont finalement la cause de la plupart des anomalies magnétiques importantes du Midi pyrénéen, par leurs susceptibilités élevées et aussi par leurs aimantations permanentes, souvent supérieures à 0,45 χ (aimantation induite dans le champ terrestre d'intensité 0,45 Œrsted environ).

Nous avons comparé la susceptibilité magnétique de chaque roche aux détails de sa composition exprimée par sa formule minéralogique; aucune relation nette n'est apparue, probablement pour les raisons suivantes. D'une part les minéraux ferromagnétiques des roches volcaniques, dont dépendent les propriétés magnétiques, ne sont souvent que des minéraux accessoires sans rôle direct dans la définition minéralogique des roches; d'autre part comme nous l'avons souligné ailleurs ([4]), ces minéraux semblent être vite touchés par l'altération générale qui atteint si fréquemment les roches volcaniques pyrénéennes; les différences magnétiques observées entre roches d'une même famille proviennent davantage de tels changements que de différences magmatiques essentielles. C'est d'ailleurs peut-être à ce mécanisme qu'il faut attribuer la faiblesse relative des susceptibilités des péridotites et des roches filoniennes du crétacé.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Bruits électromagnétiques des nuages orageux.* Note de MM. **Yves Rocard** et **Jean-Louis Steinberg**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il a été établi par A. V. Haeff que lorsque des faisceaux d'électrons se propageaient mélangés dans la même direction, mais avec des vitesses différentes, il pouvait en résulter un état de la charge d'espace susceptible d'amplifier une perturbation électrique initiale à une certaine fréquence, et A. V. Haeff ([1]) a

([5]) Cette aimantation permanente ne dépend pas seulement de la composition actuelle de la roche, comme la susceptibilité, mais aussi des champs magnétiques (valeur et conditions d'action) qu'elle a subis.

([6]) En multipliant ces quantités par la densité de la roche on obtiendrait respectivement l'intensité d'aimantation permanente et la susceptibilité magnétique proprement dite.

([1]) *Proceedings Inst. of Radio Engineers*, 37, 1949, pp. 4 à 10.

même construit des tubes amplificateurs de ce type pour la gamme des ultra-fréquences. Il nous a semblé que cette conception rendait compte au moins qualitativement de certains phénomènes observés au laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure, concernant d'une part des amplifications inattendues de signaux de radiodiffusion et d'autre part des bruits radioélectriques rayonnés en ultra-fréquences par les nuages orageux. Comme A. V. Haeff lui-même vient de publier une tentative de théorie des bruits électromagnétiques solaires (²) qui semble pouvoir être poussée jusqu'à des concordances numériques, nous croyons devoir attirer l'attention sur nos propres résultats.

1. Dans un tube à décharge gazeuse sous faible pression, on entretient une décharge. Le tube est muni d'une très petite antenne alimentant un récepteur sur ondes très courtes (100 Mc, etc.); l'action d'un certain champ magnétique est alors susceptible de produire un gros accroissement de bruit, dans des conditions déjà précisées par l'un de nous (³). Mais on observe aussi, pour des réglages du même ordre, que la modulation de certains postes de radiodiffusion sur ondes moyennes est susceptible de passer dans le récepteur, après transfert sur la moyenne fréquence du récepteur superhétérodyne employé. Si l'on éteint la décharge initiale, toute réception de ce genre cesse. Ces observations prouvent l'existence d'amplification dans les plasmas, selon un mécanisme qui serait celui décrit par Haeff mais compliqué de l'action du champ magnétique.

2. Si l'on considère un éclair entre deux nuages orageux, on a affaire à des particules chargées accélérées qui traversent des plasmas, lesquels s'établissent par ionisation quelques secondes avant l'éclair, et outre les éclairs reconnus, il y a de multiples décharges partielles. On connaît l'ordre de grandeur de la puissance instantanée dans les éclairs, et l'ordre de grandeur de l'ionisation qui règne dans les nuages orageux. Les fréquences propres de plasma à considérer peuvent atteindre 700 Mc par exemple, et les fréquences qui donnent lieu à amplification par le mécanisme de Haeff peuvent être encore plus élevées.

Or nous disposons au laboratoire d'une installation capable d'enregistrer les bruits solaires sur une fréquence de 1200 Mc. L'ayant tournée vers des nuages orageux le 21 avril 1949 vers $16^h 30^m$, des éclairs étant visibles au loin, nous avons observé une réception correspondant à une puissance de l'ordre de 6.10^{-22} W par cycle et par mètre carré de surface de captation du récepteur, réception consistant ce jour-là en nombreux *paquets* d'ondes de bruit, durant chacun, entre quelques secondes et une demi-minute. Un autre jour, le 23 avril 1949 vers 17^h, un orage de structure apparemment différente donnait des paquets plus détachés les uns des autres, durant plus longtemps mais pas

(²) *Physical Review*, 75, 1949, p. 1546.

(³) J. L. Steinberg, *Revue Scientifique*, juin 1947, p. 601 à 606, 85e année.

au delà d'une minute, avec une puissance moyenne un peu plus faible de l'ordre de 4.10^{-22} W/cycle/m². Dans les mêmes conditions, ces deux jours-là, le Soleil rayonnait dans la même gamme une puissance très régulière de 25.10^{-22} W/cycle/m². Les orages en question étaient à une distance d'environ 30^{km} semble-t-il.

Nous espérons disposer là d'une méthode particulièrement efficace de l'étude de l'ionisation préalable qui s'établit dans les cumulus juste avant les éclairs. Il va de soi que les violents courants de décharge par éclairs produisent aussi des effets bien plus considérables sur ondes plus longues, mais par un mécanisme plus classique. Il n'est pas impossible par contre qu'un milieu artificiellement ionisé par le passage d'un météore, ou par les gaz très chauds issus d'une fusée ou d'une explosion puissante puisse fournir des effets analogues à ceux que nous discutons ici.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *L'effet de longitude de la couche ionosphérique* F2 *et la prévision ionosphérique*. Note de MM. **Franz Oboril** et **Karl Rawer**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'effet de longitude de la couche ionosphérique F 2, qui a été observé pour la première fois par Ranzi (¹), joue un rôle essentiel pour la prévision des fréquences critiques en ondes courtes. Burkard (²) a indiqué déjà en 1942 que de tels effets peuvent être introduits par la différence entre l'axe géomagnétique de la terre et son axe de rotation. C'est Appleton (³) qui a formulé la conclusion que l'ionisation de la couche F2 est soumise à un *contrôle magnétique* et qui en a donné des preuves. En accord avec ces idées, la Conférence internationale de radio-propagation (⁴), tenue à Washington en 1944, a divisé le monde en quatre zones, qui sont séparées par deux grands cercles passant par les pôles magnétiques idéalisés et qui coupent l'équateur sous les longitudes 10° W (170° E) et 50° E (130° W). Dans la région américaine de cette division appelée zone W, l'équateur magnétique est au sud de l'équateur géographique; il est au nord dans la zone opposée couvrant l'Asie, et dénommée zone E. Les deux zones intermédiaires, qui se trouvent en Europe-Afrique et dans le Pacifique, sont considérées comme équivalentes sous le même nom de zone I. On prépare une seule carte d'ionisation pour la zone I, qui est basée sur les résultats des stations d'une part en Europe et Afrique, d'autre part dans le Pacifique.

En réalité, la distribution des stations mondiales étant peu homogène, il y a actuellement une seule station ionosphérique en Afrique à la latitude de 26° S. Aucune mesure n'étant faite entre cette station et 47° N, les cartes d'ionisation,

(¹) *Ric. Scient.*, 10, 1939, p. 926.
(²) *Hochfrequenztechn. u. El. Ak.*, 60, 1942, p. 87-96.
(³) *Nature*, 157, 1946, p. 691.
(⁴) *Interservice Radio Propagation Laboratory*, rapport IRPL. C 23, 28 avril 1944.

utilisées pour l'Afrique, sont basées exclusivement sur les nombreuses stations du Pacifique.

Cependant nous avons constaté que l'emploi de ces cartes d'ionisation n'est pas satisfaisant pour les liaisons radiotélégraphiques avec l'Afrique. Afin de vérifier s'il est justifié d'assimiler les deux zones I à une seule, nous avons comparé d'abord les mesures de notre station de Fribourg (48°,1 N) avec celles de St-Johns (47°,7 N), Ottawa (45°,5 N) et Portage la Prairie (49°,9 N) en Amérique d'une part, et avec Wakkanai (45°,4 N) au Japon d'autre part. Les courbes de Fribourg et de Wakkanai sont en bon accord et bien distinctes des courbes américaines. La même comparaison a été faite ensuite pour les stations de Johannesburg (26°,2 S) en Afrique, et Brisbane (27°,5 S) et Watheroo (30°,3 S) en Australie. Le résultat était semblable, excepté pour quelques heures de nuit. Enfin nous avons étudié les mesures de 1946 faites au Caire (30°,6 N), de même que celles de Baton Rouge (30°,5 N) et White Sands (32°,6 N) d'une part, Chungking (29°,4 N) et Delhi (28°,6 N) d'autre part. Là aussi la ressemblance avec les stations de l'Est était étonnante.

Il faut conclure de toutes ces comparaisons, que la couche F2 en Afrique et en Europe correspond exactement à celle de l'Asie, et qu'il n'est pas correct d'attribuer ces régions à la zone I.

D'après les mesures, elles appartiennent à la zone E. Cette conclusion nous semble bien vraisemblable, car elle est en accord avec la distribution *réelle* du champ magnétique terrestre. La définition des zones a été faite à Washington d'après les coordonnées géomagnétiques idéalisées. Or il existe une différence très prononcée entre celles-ci et les données géomagnétiques réelles. L'équateur géomagnétique réel, donné par l'inclinaison zéro, est bien au Nord de l'équateur géographique pour l'Afrique comme pour l'Asie. Il coupe l'équateur dans l'Océan Atlantique (20° W) d'une part et dans le Pacifique (170° W) d'autre part. Cette dissymétrie semble liée à la distribution des grands continents.

Si vraiment un *contrôle magnétique* de l'ionisation a lieu, il doit exister une influence du champ géomagnétique réel, donné par exemple par les cartes isoclines (5). Nous proposons donc d'appliquer une autre division en zones que nous avons trouvée d'après cette carte. La zone W serait située entre 40° W et 100° W à l'équateur (les limites étant données par la moitié d'un grand cercle à partir du pôle N magnétique réel). La zone E serait entre 0° et 160° E sur l'équateur; l'Europe et la plus grande partie de l'Afrique appartiendraient à la zone E. Les zones I comprendraient les Océans Atlantique et Pacifique. Une telle division semble être plus proche de la réalité des mesures ionosphériques et géomagnétiques.

---

(5) S. Chapman et J. Bartels, *Geomagnetism*, 1, p. 100, Oxford, 1940.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *L'ontogénie de l'appareil conducteur du* Vicia sativa *L. et ses conséquences pour la définition de la tige.* Note de M. **Albert Duchaigne**, transmise par M. Paul Becquerel.

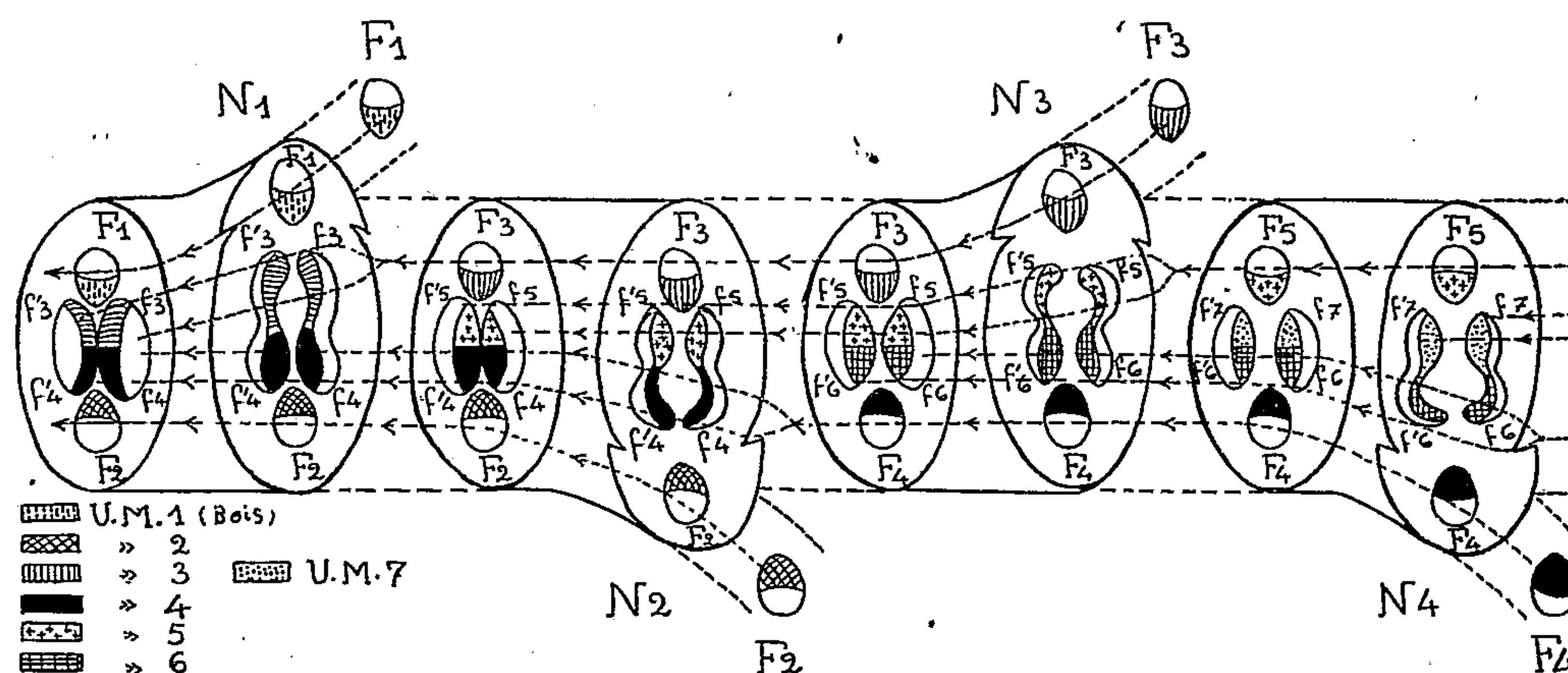
La constitution des plantes vasculaires reste encore un des problèmes les plus importants et les plus débattus de l'anatomie végétale. C'est ainsi que l'on soutient à nouveau, aujourd'hui, l'ancienne théorie du mériphyte de Lignier qui proclame l'individualité originelle de la tige. Il s'agit là, en vérité, d'un problème délicat dont la solution ne peut s'appuyer que sur l'étude ontogénique de l'appareil conducteur et à condition de faire appel à des structures relativement simples.

C'est pourquoi nous nous sommes adressé au *Vicia sativa* dont l'ontogénie est particulièrement instructive. L'appareil conducteur de sa tige comporte deux faisceaux libéro-ligneux corticaux correspondant aux nervures latérales de feuilles qui sont distiques et, au centre, quatre faisceaux formant une stèle réduite, elliptique en coupe transversale. Deux faisceaux médians F occupent les extrémités du grand axe de la stèle; ils se poursuivent entièrement dans la nervure médiane des deux feuilles sus-jacentes; pour les désigner avec précision, selon l'entre-nœud considéré, nous faisons suivre la lettre F d'un numéro d'ordre, celui de la feuille correspondante; F3, par exemple, se poursuit dans la troisième feuille. Suivant le petit axe s'étalent deux larges faisceaux, les plexus intercaulaires, où se prolongent les demi-faisceaux f et f' provenant de la bifurcation de faisceaux médians F sus-jacents; f 3 et f' 3, par exemple, représentant les demi-faisceaux qui proviennent de la bifurcation de F 3.

Au premier nœud, de bas en haut, le faisceau médian F 1 quitte la stèle caulaire et se poursuit dans la nervure médiane de la première feuille; en même temps les portions voisines f 3 et f' 3 des plexus intercaulaires s'isolent et s'unissent, à l'emplacement de F 1, pour constituer un nouveau faisceau médian F 3 correspondant à la troisième feuille; autrement dit, F 3 se bifurque au sommet du premier nœud pour se prolonger dans le premier entre-nœud. Au fur et à mesure que f 3 f' 3 s'isolent ainsi, deux demi-faisceaux nouveaux f 5 et f' 5 s'intercalent, entre eux et les portions f 4 et f' 4, pour reconstituer les plexus intercaulaires f 4 f 5, f' 4 f' 5 du deuxième entre-nœud. Il en est de même pour les nœuds successifs suivants comme le récapitule le schéma ci-après. Le faisceau F 4 par exemple comporte une partie foliaire, le faisceau médian de la quatrième feuille, une partie caulaire (F 4 du quatrième et du troisième entre-nœud) qui se bifurque au deuxième nœud en formant les extrémités f 4 et f' 4 des plexus intercaulaires f 4 f 5, f' 4 f' 5 du deuxième entre-nœud et des plexus f 4 f 3, f' 4 f' 3 du premier entre-nœud.

Ainsi la stèle caulinaire des anatomistes classiques n'a aucune autonomie; elle se disloque à chaque nœud et provient nettement de la réunion de faisceaux

libéro-ligneux qui se poursuivent entièrement, plus haut, dans les feuilles correspondantes. Celles-ci se présentent comme les parties libres d'unités morphologiques distinctes dans l'édification progressive du *Vicia sativa* et sont de plus en plus compliquées au cours du développement, simples bractées



Vicia sativa. — Édification de la tige par unités morphologiques successives pourvues chacune d'un système conducteur propre V. M. 1, 2, 3, 4, ..., F1, 2, 3, ..., faisceaux libéro-ligneux médians des unités 1, 2, 3, ...; *f*, *f'*, bifurcations d'un faisceau F; N1, 2, 3, ..., nœuds successifs.

écailleuses d'abord puis feuilles composées avec un nombre croissant de folioles; leurs bases ou caules, coalescentes, constituent les entre-nœuds ou segments successifs de la tige. Le faisceau médian de chaque unité morphologique se prolonge, en se bifurquant, dans les entre-nœuds sous-jacents et cette portion de l'appareil conducteur mérite le terme d'intercaulaire.

La plante nous apparaît donc comme étant constituée par des unités morphologiques successives distinctes dont l'individualité est révélée par l'existence de faisceaux distincts correspondants.

BOTANIQUE. — *L'autonomie de croissance des entre-nœuds chez le Sureau* (Sambucus nigra *L.*). Note (*) de M. **Paul Champagnat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On admet que la croissance des jeunes entre-nœuds d'une plante est sous la dépendance du flux polarisé d'auxine synthétisé dans *les plus jeunes feuilles* encore réunies en bourgeon terminal. Lorsqu'on supprime ce bourgeon terminal ou qu'on enlève ces très jeunes feuilles, l'allongement des entre-nœuds est rapidement stoppé [Snow (1); Thimann et Skoog (2)]. Or, *les jeunes pousses*

(*) Séance du 8 juin 1949.

(1) *New Phytol.*, **28**, 1929, p. 345-358.

(2) *Proc. roy. Soc. Lond.* B., **114**, 1934, p. 317.

de Sureau, mesurant initialement de 6 à 10^{cm}, se comportent différemment après décapitation : 1° *L'allongement des entre-nœuds n'est pas sensiblement modifié par la décapitation* (3) : *a.* s'ils mesurent plus de 10^{mm} au moment de l'intervention; *b.* si la paire de feuilles qui les termine est conservée intacte (ou réduite à 2 ou 3 folioles). Les bourgeons axillaires sont restés dormants durant l'expérience.

Tige N°.	Longueur initiale de l'entre-nœud (mm).	Longueur le : 16 avril.	22 avril.	28 avril.	6 mai.	13 mai.	Longueur finale de l'entre-nœud (mm).
1........	16,5	31	65	81	98	103	106
1 Témoin.	12	30	85	110	129	129	129
3........	17	45	121	160	193	200	200
3 Témoin.	16	42	110	140	151	156	159
7........	17,5	43	105	130	150	152	152
7 Témoin.	18	59	82	131	153	157	157

2° Parallèlement, des dosages d'auxine libre [faits à l'aide d'une « low cost Chamber » d'Avery (4) placée dans une chambre à température constante (22°) et en employant le « deseeded avena test » selon les principes également indiqués par Avery (4)] montrent les faits suivants :

a. Le sommet, comprenant le point végétatif terminal et 3 ou 4 paires de petites feuilles, *est beaucoup moins riche en auxine libre que les entre-nœuds* sans feuilles en croissance rapide.

L'extraction par diffusion a lieu pendant 3 heures, à la lumière diffuse et à la température du laboratoire dans de l'agar à 1,5 % ; la plaquette de gélose étant de dimension standard et découpée en 12 blocs au moment du dosage.

Date.	Courbure (moyenne de 10 coléoptiles). 5 sommets.	1 entre-nœud (30 à 50^{mm} coupé en 2 tronçons).	Même entre-nœud après dilution de l'agar de diffusion au quadruple de son volume.
26 avril 1949.........	11°	34°	12°
3 mai 1949...........	6,5	43	16

b. La décapitation n'influence pas sensiblement la teneur en auxine des mêmes entre-nœuds.

(3) Chez les végétaux ligneux, les témoins doivent être choisis avec un soin tout particulier. Il faut notamment tenir compte : de la distance du bourgeon choisi par rapport à la base du rameau qui le porte; de son orientation par rapport aux faces dorsale et ventrale de ce même support, de la vitesse de croissance jusqu'au moment de l'expérience, de son diamètre de base, etc.

(4) Avery, Creighton et Hock, *Amer. Jour. Bot.*, **26**, 1939, p. 360.

c. Les feuilles qui subsistent au sommet *sont si pauvres en substances de croissance* [extraction par la méthode Van Overbeek ([5])], qu'elles n'ont pu provoquer de courbure appréciable sur les coléoptiles quelle que soit la concentration employée. Elles ne peuvent donc être directement à l'origine de la richesse des entre-nœuds.

Conclusion. — 1° Les jeunes entre-nœuds manifestent *une autonomie très poussée vis-à-vis du sommet principal.* Ils synthétisent vraisemblablement eux-mêmes l'auxine nécessaire à leur allongement à partir d'une substance inactive fournie par les feuilles. Le mécanisme de cet allongement est donc différent de celui qui est mis en évidence dans un coléoptile d'Avoine ou dans une jeune tige de Pois. Il n'y a plus, comme chez ces derniers, une étroite localisation des cellules susceptibles de synthétiser l'auxine.

2° Ces résultats sont en *parfait accord* avec ceux de Gunkel et Thimann ([6]) qui observent ([6]) une répartition analogue de l'auxine dans les pousses longues de *Ginkgo biloba*. Ces auteurs notent en plus une accumulation d'hormone à la base de la pousse dans des entre-nœuds ayant déjà achevé leur croissance. Je n'ai pu jusqu'ici retrouver ce fait chez le Sureau.

3° Ces résultats s'accordent avec les idées de du Buy et Nuernbergk ([7]), qui déjà en 1932, insistaient sur une diversité de la localisation des centres producteurs d'auxine.

4° Il n'est pas impossible qu'une telle répartition de l'auxine libre soit *en rapport avec certaines inhibitions de bourgeons :* je pense notamment au cas où le pincement du sommet ne suffit pas à provoquer le départ d'un seul bourgeon sous-jacent.

BOTANIQUE. — *Sur les caractères distinctifs des rameaux végétatifs, des grappes et des vrilles de la Vigne* (Vitis vinifera *L.*). Note (*) de M. **François Bugnon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans deux Notes antérieures ([1]) nous avons surtout mis en relief les caractères communs des rameaux végétatifs, des grappes et des vrilles de la Vigne; l'étude phyllotaxique des deux bras, interne et externe, des grappes et des vrilles nous a conduit à les considérer comme des rameaux de premier ordre du sarment, comme des homologues des rameaux végétatifs de même ordre. Mais des différences morphologiques frappantes existent entre ces divers rameaux à

([5]) *Bot. Gaz.*, 100, 1938, p. 133-166.
([6]) *Amer. Jour. Bot.*, 36, 1949, p. 145-151 et 309-316.
([7]) *Ergeb. d. Biol.*, 9, 1932, p. 358-544; 10, 1934, p. 207-322; 12, 1935, p. 325-543.

(*) Séance du 30 mai 1949.
([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 770 et 937.

l'état adulte; l'objet de la présente Note est d'analyser ces différences et de montrer qu'elles résultent surtout : 1° de la localisation, de la précocité et de la puissance variable de la croissance intercalaire ; 2° de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle le bourgeon axillaire de la préfeuille finit généralement par l'emporter sur le bourgeon terminal du même rameau et de la durée plus ou moins longue de l'activité de son méristème apical.

Dans les rameaux végétatifs, la croissance intercalaire n'entre en jeu que tardivement, pour donner naissance aux entre-nœuds qui séparent les feuilles végétatives successives, en position alterne-distique. Leur préfeuille reste insérée dans le fond de l'aisselle où elle est apparue, au contact immédiat de la base de la feuille axillante, sur le flanc même du sarment. Tandis que le bourgeon terminal du rameau (bourgeon anticipé, prompt bourgeon) se développe en un rameau *estival* qui, le plus souvent, reste faible, n'a qu'un petit nombre de feuilles végétatives séparées par des entre-nœuds médiocres et meurt à l'automne, le bourgeon axillaire de la préfeuille, bourgeon dont l'ébauche est très tôt constituée, demeure en général dormant au cours de l'année où il s'est formé; mais le sarment qu'il pourra donner en se développant l'année suivante aura une puissance beaucoup plus grande que le rameau estival; il portera un beaucoup plus grand nombre de feuilles végétatives séparées par de longs entre-nœuds; il atteindra ainsi une longueur relativement considérable et il persistera.

Dans les grappes et les vrilles, la première intervention, très précoce, de la croissance intercalaire se produit dans le soubassement commun à la bractée axillante et à son aisselle gemmifère, déterminant l'apparition de cette portion d'axe singulière que nous avons appelée *hypoclade* ([2]).

Pendant l'allongement de l'hypoclade, une deuxième localisation de la croissance intercalaire apparaît sous la préfeuille de chaque bras et celle-ci s'éloigne de l'aisselle où elle est née : la nouvelle portion d'axe ainsi formée, à la base d'un rameau, est très comparable à celle qui peut se produire au-dessous des feuilles cotylédonaires, à la base de la tige principale, et à laquelle on a donné avec raison un nom particulier, *hypocotyle*, afin de la distinguer des entre-nœuds de l'*épicotyle*, limités à chacune de leurs extrémités par une feuille du même axe. Il est aussi utile et aussi justifié d'appliquer un nom spécial à la portion d'axe qui peut se produire au-dessous des préfeuilles, par un même mode de croissance intercalaire : nous proposons le terme d'*hypoprophylle*, afin de la distinguer des entre-nœuds de l'*épiprophylle* du rameau. Les hypoprophylles sont fréquents, tant dans la région végétative que dans la région florifère de plantes très diverses : les stolons du Fraisier, pour n'en citer qu'un exemple bien connu, ont un hypoprophylle de longueur remarquable.

Dans les grappes, des entre-nœuds, d'ailleurs courts, se constituent ensuite entre les bractées successives, axillantes de rameaux florifères, qui s'étagent sur l'épiprophylle, suivant une disposition qui n'est plus alterne-distique, mais qui, au moins pour les plus inférieures, apparaît tétrastique-décussée. Les deux bras peuvent se comporter à cet égard de la même manière (grappes doubles); ou bien le bras externe, par une atrophie rapide de son point végétatif et de la préfeuille qui s'y trouve associée, peut se limiter à un hypoprophylle, plus ou moins longuement étiré (grappes-vrilles); ou bien encore, ce bras externe avorte totalement.

Dans les vrilles, le bras interne subit, en général, la même réduction que le bras externe

---

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 937.

des grappes-vrilles et se limite à son hypoprophylle. Le bras externe a le même sort dans les vrilles pourvues d'une seule bifurcation apparente, et les deux bras atteignent alors sensiblement la même longueur : une telle vrille est formée de son hypoclade et de deux hypoprophylles équivalents. Lorsque le bras externe se ramifie, suivant le mode sympodique ([3]), l'axe apparent du sympode est formé par les hypoprophylles d'ordres successifs, ses rameaux apparents sont tous limités au premier entre-nœud des axes successifs; non seulement le bourgeon axillaire de chaque préfeuille apparaît alors très vite, mais il se développe encore très rapidement, sans passer par un état dormant comme son homologue des rameaux végétatifs; par sa puissance relative, il devient rameau *usurpateur;* mais sa croissance est de très courte durée, et il ne forme qu'un seul entre-nœud au delà de son hypoprophylle.

On trouve une justification de l'interprétation qui précède en considérant notamment les intermédiaires entre grappes et vrilles, particulièrement nombreux chez la Vigne-vierge.

En résumé, les grappes et les vrilles se distinguent essentiellement des rameaux végétatifs : 1° par leur hypoclade et leurs hypoprophylles, produits de croissance intercalaire localisée, soit au-dessous de la feuille axillante, soit au-dessous des préfeuilles; 2° par la disposition phyllotaxique des épiprophylles dans les grappes; 3° par la rapidité et la brièveté du développement des bourgeons axillaires des préfeuilles dans les vrilles, dont les épiprophylles sont nuls ou réduits à un entre-nœud.

MYCOLOGIE. — *Étude d'une Levure nouvelle* Saccharomyces Laryngitidis-*n* sp. Note de MM. **Auguste Sartory** et **Edmond Potier**, transmise par M. Joseph Magrou.

Cette levure a été isolée : 1° dans un cas de laryngite avec fausses membranes; 2° dans trois cas d'angine avec fièvre simulant la diphtérie; 3° dans sept cas de bronchite compliquée de congestion pulmonaire des deux sommets. Jamais le bacille diphtérique n'a pu être décelé.

Par contre, nous avons constamment isolé une levure dont nous allons donner la description. L'isolement de cet organisme a été effectué sur boîte de Petri, sur milieu Raulin gélosé et sur milieu de Sabouraud qui conviennent fort bien pour la culture de cet organisme.

Examen en goutte pendante. — Au début nous observons une cellule légèrement ovale et présentant à un pôle seulement, une zone acuminée en forme de pointe arrondie. Cette forme est constante sur tous les milieux solides et liquides. Elle mesure $2^{\mu},8$ sur $3^{\mu},2$ de diamètre.

Le contenu protoplasmique est hyalin, on aperçoit une vacuole assez grande au centre et quelques très petites gouttes de graisse facilement décelables par l'orcanette acétique, le Sudan III ou le colorant triple de Guéguen. Au bout

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1349.

de 4 heures, le contenu cellulaire se trouble, les corpuscules de graisse disparaissent et le bourgeonnement s'accuse, une seconde cellule est née. Ce phénomène se poursuit et nous assistons à la naissance d'une petite chaînette de cinq à six éléments qui se séparent très vite. Ce bourgeonnement s'effectue à la manière des *Saccharomyces*. *L'optimum cultural* est compris entre +30° et +35°. Notons toutefois que la levure pousse fort bien à +37° et ne cesse de végéter qu'à +41°. La formation des ascospores a été obtenue sur bloc de plâtre et sur papier buvard imprégné d'une solution de lactose, le tout disposé dans une boîte de Petri à + 34°.

Les asques contiennent quatre ascospores à double membrane légèrement elliptiques et mesurant 3^{μ} de longueur sur $2^{\mu},5$ de largeur disposées en tétrades.

La levure, de couleur blanche, végète fort bien sur tous les milieux ordinaires solides, naturels ou synthétiques (Carotte, Pomme de terre, Topinambour, Navet, Raulin neutre gélatiné, Raulin gélosé, milieu de Lasseur gélatiné, Artichaut) ainsi que sur les milieux liquides (liquide de Pasteur, liquide de Hansen n° 1 et n° 2, liquides de Mayer, de Laurent, de Hayduck, de Cohn, de Nœgeli n° 3, de Raulin, de Lasseur, etc.

A l'examem microscopique et sur tous les milieux solides et liquides on ne perçoit aucune forme filamenteuse, mais uniquement des formes bourgeonnantes. Notre organisme dédouble le saccharose, produit la fermentation alcoolique; il dédouble également le maltose, mais est sans action sur le lactose, le galactose et le lévulose.

Très pathogène pour le Cobaye et le Lapin, il provoque des abcès et des lésions pulmonaires très sévères chez ces animaux qui meurent le plus souvent. Ce champignon a été très souvent isolé durant les années 1948-1949 dans beaucoup de départements du centre de la France. Il a provoqué des accidents graves qui ont souvent fait penser à la diphtérie. Dans de tels cas l'examen bactériologique des exsudats pharyngés et des expectorations s'impose afin d'écarter le diagnostic de diphtérie et d'instituer un traitement rationnel (traitement iodé, badigeonnage à l'iode colloïdal et traitement interne à l'iodure de potassium).

Conclusion. — Cette levure est intéressante par ses caractères morphologiques, ses propriétés biochimiques et son pouvoir pathogène vis-à-vis des principaux animaux de laboratoires. Elle provoque chez les humains des accidents simulant la diphtérie, justiciables du traitement iodé. Nous la croyons nouvelle.

Elle doit être classée dans le genre *Saccharomyces Meyen*. Nous proposons de la dénommer *Saccharomyces Laryngitidis* n. sp.

Elle est très différente du *Cryptococcus Laryngitidis* décrite par A. Sartory, Petges et Claoué.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherche du virus de la Mosaïque du Tabac* (Marmor Tabaci *Holmes*) *dans les méristèmes des plantes infectées*. Note (*) de MM. **Pierre Limasset** et **Pierre Cornuet**, présentée par M. Joseph Magrou.

Nous avons envisagé, dans une Note antérieure, les variations de teneur en virus chez des feuilles d'âges différents de Tabacs infectés. Élevée chez les feuilles bien développées, la proportion de virus diminue ensuite lorsqu'on s'adresse à des feuilles de plus en plus rapprochées du bourgeon terminal. La quantité de virus par unité de poids frais contenue dans la première feuille dégagée du bourgeon était environ le dixième de celle qu'on trouvait dans les feuilles les plus riches. Nous avons examiné également de très jeunes feuilles incluses dans le bourgeon terminal. La faible quantité de matériel apporté par chacune d'elles ne nous permettant pas d'effectuer une extraction complète, nous avons simplement déterminé pour chacune la concentration en virus du jus extrait par broyage. Les valeurs trouvées sont portées sur le graphique I en α, β et γ (*voir* la Note précédente). Elles tendent nettement vers zéro lorsqu'on se rapproche du méristème. La teneur des organes en virus total peut être considérée comme tendant elle aussi vers zéro puisque, dans cette région de la courbe, ses variations sont relativement parallèles à celles de la concentration des jus en virus.

Nous avons eu l'idée de rechercher, par une technique plus sensible encore que la méthode des lésions locales, si le zéro était effectivement atteint dans la calotte de méristème située juste au-dessus des premières ébauches foliaires. Dans ce but nous prélevions aseptiquement cette calotte, sous le binoculaire, en la sectionnant avec un scalpel. Nous l'écrasions ensuite sur une feuille d'un très jeune Tabac (var. *Samsun*) préalablement saupoudrée de carborundum, de façon à réaliser une inoculation. Un Tabac témoin était inoculé, chaque fois, avec la fraction de méristème située immédiatement en dessous, amputée de ses ébauches et taillée aux mêmes dimensions. Tous les témoins manifestèrent les symptômes de la maladie, ce qui montrait que la méthode d'inoculation utilisée était valable et que le méristème situé au niveau des ébauches contenait toujours un peu de virus. Par contre, les calottes apicales ne nous ont fourni que huit inoculations positives contre sept négatives. Les durées d'incubation étaient d'ailleurs très longues (19 à 47 jours). Le virus est donc extrêmement rare dans le méristème terminal. Il se pourrait même que la section réalisée à la naissance des premières ébauches correspondît effectivement à la limite de son aire de multiplication, sa présence ou son absence dans les

(*) Séance du 13 juin 1949.

calottes prélevées s'expliquant alors par des très légères différences de hauteur de section. De plus, les souches isolées dans les cas positifs présentaient presque toutes des caractères aberrants qui nous ont contraints à les considérer comme des mutants du virus de la Mosaïque du Tabac. Cette dominance des mutants dans les méristèmes apicaux et subapicaux, s'explique par le fait que la rareté des particules de virus dans ces tissus supprime l'effet de concurrence normalement appelé à favoriser le retour au type moyen. Il se peut aussi que des conditions physiologiques particulières favorisent les mutations dans le méristème ou sélectionnent certains mutants.

Ces mutants, dont la présence paraît presque constante dans le méristème des bourgeons, ne sont mis en évidence que par inoculation à des plantes vierges. On peut se demander pourquoi, chez la plante malade, ils sont supplantés par la souche mère dans les organes différenciés alors qu'ils ont été les premiers à s'implanter dans les tissus embryonnaires. Leur établissement précoce semblerait devoir assurer leur prédominance définitive puisqu'un tissu infecté par une souche est normalement prémuni contre l'invasion d'une autre souche du même virus. Nous ne pouvons expliquer ce fait qu'en admettant qu'un petit nombre seulement de cellules du méristème sont infectées et par conséquent prémunies. Il faut supposer en outre que les mutants envisagés sont doués d'un faible pouvoir d'invasion, ce qui assure la prédominance rapide de la souche mère dès que les cellules non infectées initialement sont devenues réceptives au moment où le tissu atteint un certain degré de différenciation.

La faible teneur en virus des méristèmes est peut-être liée à la présence d'une grande quantité d'auxine dans ces derniers. L'un de nous a d'ailleurs montré qu'une substance qui, sans être une auxine, présente néanmoins avec les auxines quelques traits communs (acide 2.4-dichlorophénoxyacétique) exerçait une action inhibitrice sur la multiplication de certains virus. L'effet sur le virus de la Mosaïque du Tabac est intense. Un des Tabacs en expérience avait reçu le produit en question sur une feuille, au moment de l'inoculation. Un mois plus tard, cette feuille et trois feuilles voisines présentaient encore une inhibition très accentuée.

La non-transmissibilité du virus de la Mosaïque du Tabac par semis de graines infectées (au moins chez le Tabac) trouverait son explication dans les observations relatées au cours de cette Note. L'embryon est en effet constitué par des tissus ayant les caractères d'un méristème, ce qui explique sa pauvreté en virus. Les travaux de Manil, Ainsworth, Sheffield et Stelzner montrent que le virus est très peu abondant, sinon nul, dans la graine, surtout localisé dans le tégument séminal et s'inactive rapidement après la récolte.

PHYSIOLOGIE. — *La thyroïde, l'adrénaline et le rendement de la pression de l'oxygène.* Note de M. **Jean Giaja**, Mlle **Leposava Marković** et M. **Radoslav Andjus**, présentée par M. Léon Binet.

Il a été montré ici-même (1) que le Rat accoutumé au froid résiste mieux à la diminution de la tension de l'oxygène que le Rat accoutumé au chaud : le premier satisfait une plus forte consommation d'oxygène par une tension d'oxygène plus faible par rapport au second, à une même température ambiante. Par l'effet de l'accoutumance au froid l'organisme utilise mieux l'oxygène dans ce sens que le *rendement de la tension de l'oxygène* (notion due à André Mayer et collaborateurs) s'en trouve augmenté. Nous exprimons ce rendement par la valeur du rapport entre la consommation d'oxygène (en centimètres cubes par kilogramme-heure) et la pression d'oxygène juste suffisante pour entretenir cette consommation. Comme nous l'avons montré, la valeur de ce *baroquotient* (BQ) varie dans le sens mentionné plus haut selon le milieu thermique d'accoutumance.

La thyroïde, comme on le sait, réagissant par son activité à l'influence prolongée du milieu thermique, nous nous sommes demandé si le phénomène que nous avons observé ne lui était pas attribuable. Les faits suivants justifient, pensons-nous, cette hypothèse.

1° Après ablation de l'appareil thyroïdien chez le Rat, on constate que le passage du milieu chaud au milieu froid d'accoutumance ne produit plus l'effet que l'on constate chez un sujet normal. Ainsi un rat thyroïdectomisé qui adapté au chaud avait BQ = 15,5, avait BQ = 14,9 après un long séjour au froid. Deux rats témoins normaux réagirent au même changement de milieu thermique comme il suit : premier rat, adapté au chaud, BQ = 19,1; adapté au froid, BQ = 26,3; second rat : adapté au chaud 20,7, adapté au froid 26,1. Dans tous les cas la détermination de ce rendement était faite à la température de 18°. Chez le Rat les parathyroïdes sont enlevées avec les thyroïdes, mais c'est à ces dernières que l'effet constaté doit être attribué, vu les constatations suivantes concernant l'hyperthyroïdisme expérimental.

2° L'hyperthyroïdisme expérimental produit le même effet que l'accoutumance au froid, au point de vue de la valeur du baroquotient. Chez deux rats on obtient, sans changement de milieu thermique, les variations suivantes de BQ en produisant l'hyperthyroïdisme par adjonction de glande thyroïde sèche aux aliments (*voir* tableau ci-dessous).

Comme on le voit, dans l'hyperthyroïdisme expérimental le rendement de la pression de l'oxygène est fortement augmenté, tout comme nous l'avions constaté dans l'accoutumance au froid.

(1) J. Giaja et L. Marković, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 296.

	État normal			Hyperthyroïdisme		
	O_2 consommé (cm³/kg/h).	Press. limin. (mm Hg).	BQ.	O_2 consommé (cm³/kg/h).	Press. limin. (mm Hg).	BQ.
Rat 1	2946	135	18,2	3860	126	30
Rat 2	2161	104	20,7	3222	109	29

Ces résultats indiquent que la thyroïde n'agit pas seulement, comme on le sait depuis longtemps, sur l'intensité des oxydations intraorganiques, mais que son activité porte également sur la dépendance de ces oxydations de la pression de l'oxygène : elle agit sur le rendement de la pression de l'oxygène, c'est-à-dire sur le pouvoir oxydant de celui-ci.

L'adrénaline injectée au Rat élève également le rendement de ses oxydations intraorganiques. On sait que l'adrénaline augmente fortement l'intensité des échanges par rapport au métabolisme de base. Or ces combustions élevées peuvent être entretenues sans élévation de la pression liminaire exigée par les échanges normaux et même par une pression moindre. Ainsi un rat qui à la température de 25° consomme 1 040$^{cm^3}$ d'oxygène par kilogramme-heure, nécessite une pression d'oxygène de 96^{mm}. Après avoir reçu en injection sous la peau 0^{mg},5 d'adrénaline, sa consommation s'élève à 1 964$^{cm^3}$, et ces oxydations presque doublées ne nécessitent qu'une pression de 94^{mm}, d'où l'augmentation du rendement de la pression de l'oxygène sous l'effet de l'adrénaline, passant de la valeur BQ = 10,8 à celle de BQ = 20,7.

Ces résultats montrent que le rendement de la pression de l'oxygène, dans les oxydations intraorganiques, est chose essentiellement variable, influencée par les sécrétions internes au même titre que l'intensité même des oxydations.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Facteur de transmission des paupières.* Note de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Les yeux étant fermés, les paupières laissent passer une fraction de l'énergie lumineuse incidente, variable suivant la force avec laquelle les paupières sont serrées (autrement dit avec leur épaisseur), et suivant la composition de la lumière (avec évidemment un maximum de transmission dans le rouge, par suite de l'abondance de l'hémoglobine dans les paupières). Je me suis proposé de mesurer sur l'œil vivant ce facteur de transmission des paupières, dans diverses régions du spectre.

Le principe de la méthode utilisée est simple. Un verre dépoli de grandes dimensions est placé à quelques centimètres des yeux du sujet, et est éclairé uniformément par une source lumineuse dont le sujet peut augmenter graduellement la brillance, à l'aide d'un rhéostat. Le sujet ayant été préalablement adapté à l'obscurité, on mesure la brillance du verre dépoli nécessaire pour atteindre le seuil de sensibilité absolu, d'une part les yeux du

sujet étant ouverts, et d'autre part les yeux du sujet étant fermés. Le rapport de ces deux brillances est égal au facteur de transmission des paupières pour la lumière utilisée ([1]). Pour effectuer une étude comparée du phénomène dans les diverses régions du spectre, il importe de serrer les paupières avec une force toujours égale; l'expérience montre que cette condition peut être très approximativement réalisée en fermant les paupières normalement, sans faire effort.

Voici, dans ces conditions, les facteurs de transmission mesurés sur trois sujets :

	Sujet M.	Sujet R.	Sujet I.	Moyenne.
écran Wratten rouge n° 25 ($\lambda > 580^{m\mu}$)....	1/47	1/28	1/32	1/36
écran Wratten vert n° 58 ($480 < \lambda < 620^{m\mu}$).	1/263	1/389	1/309	1/320
écran Wratten bleu n° 47 ($360 < \lambda < 520^{m\mu}$).		1/407	1/363	1/385
lumière blanche ([2])	1/105	1/269	1/162	1/179

Le facteur de transmission des paupières diminue du rouge au bleu, dans un rapport voisin de 10. Les chiffres indiqués ne constituent qu'un ordre de grandeur, suffisant d'ailleurs par suite des fortes variations individuelles. En serrant les paupières, on peut diminuer leur facteur de transmission dans un rapport allant approximativement jusqu'à 5.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'acuité visuelle en lumière fluorescente et en lumière incandescente.* Note de M. **Ernest Baumgardt**, présentée par M. Jean Becquerel.

On sait qu'en lumière bleue l'acuité est beaucoup plus faible qu'en lumière blanche, rouge, jaune ou verte. H. Piéron a expliqué ce phénomène par le fait que l'œil emmétrope est myope en lumière bleue ([1]). En effet, le disque de diffusion se formant dans le plan rétinien où se produit l'absorption efficace de la lumière est plus grand quand l'image d'un point lumineux réel se forme en avant de ce plan que si elle se forme dans ce plan même, ainsi qu'il arrive en lumière jaune; en plus de cela, la vision du bleu est déficiente au centre de la fovéa, ce qui ressortait déjà des observations de König.

([1]) Ceci à la condition que la mesure du seuil soit effectuée dans les deux cas pour une même étendue du champ éclairé et pour une même lumière. La première de ces conditions nécessite un verre dépoli de grandes dimensions (car tout le champ visuel s'éclaire lorsque les yeux sont fermés). La seconde condition n'est rigoureusement réalisée qu'en lumière monochromatique; toutefois une région assez limitée du spectre fournira des résultats sensiblement corrects.

([2]) Dans ce cas la deuxième condition de la Note (1) n'est pas réalisée. Les facteurs de transmission concernant la lumière blanche ne constituent donc qu'une approximation grossière.

([1]) *Année. Psych.*, 33, 1932, p. 118.

Nous avons comparé sur 13 sujets l'acuité visuelle en lumière incandescente produite par un tube à vide de 60^{cm} de long et 38^{mm} de diamètre à l'acuité visuelle en lumière fluorescente type *lumière du jour*, produite par un tube de dimensions identiques; les sujets sont âgés de 21 à 53 ans, tous à vision normale, corrigée au besoin. Les daltoniens avaient été exclus au moyen du test de Ishihara; ont été également éliminés les astigmates pouvant être dépistés par les méthodes cliniques habituelles. On utilise les anneaux brisés de Landolt; tous les optotypes ont été obtenus par reproduction photographique et sélectionnés soigneusement à l'aide d'un microscope. Le sujet, dont l'état d'adaptation à la lumière est maintenu constant, fait augmenter lui-même la luminance de la plage test à l'aide de deux nicols, jusqu'à pouvoir tout juste reconnaître la position de la fente de l'anneau de Landolt. En faisant un grand nombre de déterminations, on calcule une moyenne significative pouvant être comparée à la moyenne obtenue avec l'autre source de lumière.

Nous avons opéré à 20 lux environ; au début de la séance le rapport exact des éclairements est mesuré par chaque sujet, en absence des nicols, à l'aide d'un nitomètre de Jobin et Yvon, donc en photométrie hétérochrome, l'albédo de la plage étant connu.

La moyenne du rapport d'éclairement par source fluorescente et incandescente est de 1,154 en absence des nicols; une vérification ultérieure en photométrie homochrome a fourni la valeur 1,153. Le tableau indique l'âge des sujets, le nombre N des présentations et le rapport $\underline{R_{f,i}}$ des éclairements nécessaires pour réaliser une acuité *a* donnée. *En tenant compte du poids des différentes déterminations, fonction du nombre des présentations, on calcule un rapport moyen* $\underline{R_{f,i}}$ *égal à* 1,22 *entre les éclairements par lumière fluorescente type* lumière du jour *et par lumière incandescente nécessaires pour déterminer la même acuité visuelle.*

Sujets.	Age.	Corrigé. Dioptries.	N.	$R_{f,i}$.	*a*.
Mlle Y. S	21 ans	−5	160	1,10	0,78
Mlle N. B	21 »	–	112	1,20	0,94
M. M. W	21 »	–	58	1,19	0,78
M. X. D	23 »	–	159	1,19	0,78
M. G. R	23 »	–	78	1,60	1,04
M. J. T	23 »	–	108	1,44	0,78
Mlle C. S	24 »	–	118	1,01	1,45
M. H. C	31 »	–	77	1,18	0,78
Mlle H. K	32 »	−1,75	168	1,05	0,78
M. W. S	40 »	–	42	1,01	0,78
M. E. B	44 »	–	309	1,26	1,04
Mme H. B	49 »	+1,75	150	1,31	0,78
M. F. S	53 »	+2	160	1,28	0,87

$$\overline{R_{f,i}} = \frac{\Sigma R_{f,i} N}{\Sigma N} = 1,22$$

Il est difficile de déterminer quand l'optotype peut être reconnu *tout juste*; d'un autre côté, la durée de l'observation entre comme variable. Lors d'une autre série d'expériences, nous avons donc limité à 3 secondes la durée de la présentation et procédé à des statistiques de réponses, en opérant (à niveau de brillance constant) avec des optotypes de taille différente, de manière à réaliser des pourcentages de réponses justes se situant entre 40 et 90 %. En tenant compte de la probabilité de répondre correctement sans avoir reconnu (le sujet est tenu de répondre au hasard, quand il n'est pas sûr de son observation), on calcule le seuil en lumière incandescente et fluorescente. A quatre niveaux différents, s'échelonnant entre 0,8 et 29 lux, le résultat de plus de 4000 présentations (un seul sujet) a été pratiquement identique au résultat moyen obtenu avec la première méthode : 22,2 % d'écart, cette quasi identité devant d'ailleurs être considérée comme simple coïncidence.

On montre finalement à l'aide d'un filtre liquide (solution aqueuse de flavine : concentration 0,057 $^0/_{00}$, épaisseur 1^{cm}) coupant le spectre d'émission du tube fluorescent de façon très raide aux environs de $500^{m\mu}$, qu'en supprimant 19 % du rayonnement lumineux émis (vert bleu, bleu et violet), l'acuité visuelle ne diminue point. Au contraire, on peut opérer de manière que tout en diminuant l'éclairement par interposition d'un filtre adéquat, on obtient une acuité légèrement meilleure. Ceci indique que le mécanisme sous-jacent semble bien être celui invoqué au début de cette Note. Ce n'est qu'au moment où le filtre commence à absorber des quantités sensibles de rayonnement vert que l'acuité visuelle baisse.

BIOLOGIE. — *Le rôle de la cortico-surrénale dans l'apparition de la phosphatase alcaline de l'intestin grêle chez l'embryon.* Note de M. **Jean Verne** et Mme **Simone Hébert**, transmise par M. Robert Courrier.

Nous avons montré, dans des Communications antérieures [1], que chez le Rat surrénalectomisé et castré, on assistait histochimiquement à la disparition de l'activité de la phosphatase alcaline dans l'intestin grêle. L'injection d'hormone corticale, comme d'ailleurs de quelques autres hormones stéroïdes (en particulier la progestérone), rétablit cette activité enzymatique.

Nous nous sommes demandé si, au cours du développement, l'activité phosphatasique de l'intestin n'était pas également conditionnée par l'entrée en fonction de la cortico-surrénale. Nous avons, dans ce but, examiné deux rongeurs chez lesquels la cortico-surrénale prend sa disposition fonctionnelle à des périodes plus ou moins avancées du développement embryonnaire, le

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 300; *C. R. Congrès Assoc. Anat.*, Strasbourg, 1948, p. 402.

Cobaye et le Rat. Les travaux de M. Pennachioti (1938) ont montré, en effet, que, chez le Cobaye, la surrénale présente les signes histologiques de son activité vers la septième semaine de la vie intra-utérine, alors que, chez le Rat, c'est seulement vers la naissance que cette disposition fonctionnelle apparaît.

Or, en appliquant la technique histochimique de Gomori, nous avons constaté que, chez l'embryon de Cobaye, c'est précisément à la septième semaine, 15 jours environ avant la naissance, que l'on peut mettre en évidence la phosphatase alcaline de l'intestin grêle. Par contre, chez l'embryon de Rat, la réaction de cet enzyme se montre négative jusqu'à la toute dernière période de la gestation, pour être surtout bien positive au moment de la naissance.

Il y a donc coïncidence entre l'entrée en fonction de la cortico-surrénale et l'activation de la phosphatase intestinale. Nous avons alors cherché à démontrer expérimentalement que c'était bien l'hormone cortico-surrénale qui était responsable de cette activation. Dans ce but, nous avons injecté à des embryons de l'extrait cortico-surrénal avec lequel nous obtenions la réapparition de l'activité phosphatasique chez le Rat adulte surrénalectomisé.

Notre mode opératoire était le suivant : la femelle pleine est anesthésiée au chloral et l'on procède à la laparotomie. Un dixième de centimètre cube environ d'extrait cortico-surrénal total (Byla ou Choay) est injecté dans les corps des embryons, à travers la paroi utérine. La paroi abdominale de la mère est recousue.

Si l'intervention est faite trop près du terme, une mise bas prématurée est déclenchée et les résultats n'ont pas de signification. La période optima correspond au quinzième ou seizième jour de la gestation (embryons de 20^{mm} du coccyx au vertex). Pour avoir des préparations témoins, une corne utérine est liée à sa base et les embryons qui y sont contenus sont prélevés. La recherche des phosphatases alcalines se montre négative dans leur intestin. Les embryons contenus dans l'autre corne sont injectés. La femelle est sacrifiée douze à quatorze heures après l'injection. Les embryons, bien vivants, sont prélevés. La réaction des phosphatases alcalines, faite histochimiquement dans leur intestin, se montre alors positive, en particulier dans le plateau strié des cellules, au sommet des villosités. Il est à remarquer que la localisation de l'activité maxima de la phosphatase est un peu différente de ce qu'elle est chez l'adulte. Alors que, chez ce dernier, elle se trouve au niveau du duodénum, c'est au niveau des régions plus distales de l'intestin, notamment de l'iléon, qu'on l'observe chez l'embryon. Le gradient de l'activité enzymatique paraît inversé.

Ces observations confirment que l'activité de la phosphatase intestinale est indépendante de la présence d'aliments dans le tractus digestif. Chez l'adulte, elle est aussi marquée après un jeûne prolongé.

Puisque c'est seulement à l'époque où la surrénale fœtale entre en fonction qu'apparaît l'activité phosphatasique intestinale, on est obligé d'admettre que

le placenta constitue une barrière infranchissable aux hormones stéroïdes maternelles, tout au moins jusqu'à une période très proche de la parturition. Une telle conclusion ressort des travaux de Jost en ce qui concerne les hormones hypophysaires.

Conclusion. — L'activité de la phosphatase alcaline de l'intestin décelée histochimiquement coïncide, chez l'embryon, avec l'entrée en fonction de la cortico-surrénale. Précoce chez le Cobaye, elle est tardive chez le Rat. Chez ce dernier, l'injection d'extrait cortico-surrénal provoque l'apparition de la réaction caractéristique dans l'intestin grêle d'un embryon où elle est normalement négative.

BIOMÉTRIE. — *L'interprétation des tests de tonus neuro-végétatif.* Note (*) de M. **L.-C. Soula**, présentée par M. Léon Binet.

Les critères biométriques du tonus neuro-végétatif sont les constantes homéostatiques. Chaque constante est l'expression d'un équilibre entre les processus fonctionnels antagonistes, respectivement susceptibles d'élever ou d'abaisser le niveau de la régulation.

La catégorisation des individus d'après leur tempérament est pourtant impossible à partir de la constante homéostasique. Celle-ci évolue dans des limites trop étroites d'un sujet à son semblable. Il n'en est pas de même de la rupture de l'équilibre homéostasique sous l'influence d'une cause physiologique. Cet ébranlement présente des différences notables, en grandeur et en durée, qui sont la signature du tempérament individuel.

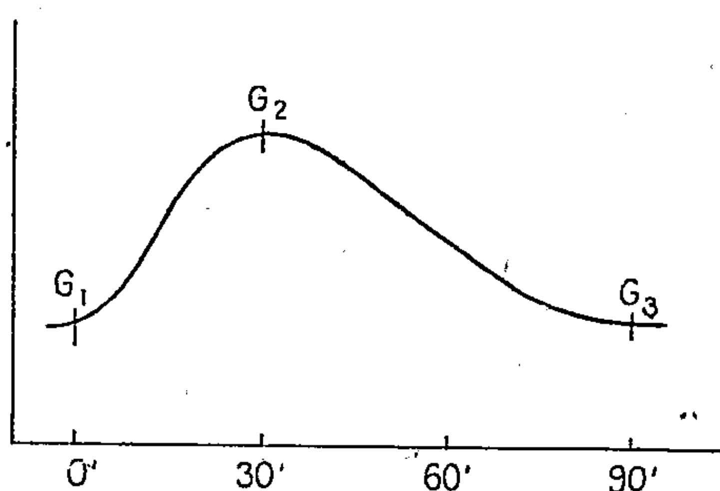


Fig. 1.

Il faut donc prendre, comme critères biométriques, trois points successifs d'une courbe d'ébranlement de la constante, caractérisant l'ampleur de la perturbation et sa durée.

Dans la courbe de glycémie post-prandiale, les points G_1, G_2, G_3 corres-

(*) Séance du 8 juin 1949.

pondant à la glycémie à jeun, 30 minutes, et 1 heure 30 après le repas d'épreuve, répondent à ces conditions.

Le rapport G_2/G_1 est fonction des facteurs hyperglycémiants (sympathicotonie); le rapport G_3/G_1 est fonction des facteurs hypoglycémiants (vagotonie).

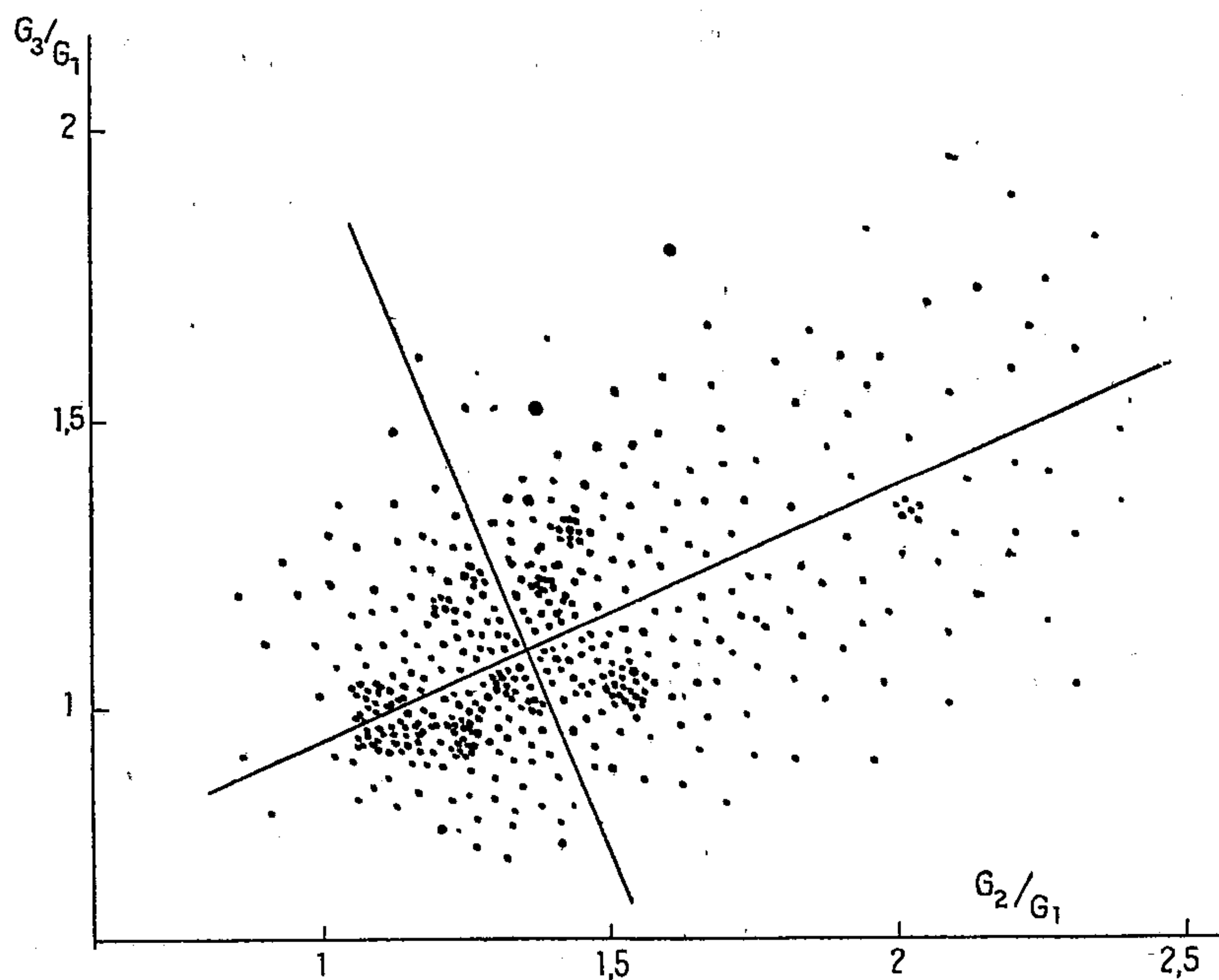


Fig. 2.

La position du sujet sur un système de référence ayant comme ordonnée G_3/G_1 et comme abscisse G_2/G_1, permet d'analyser son équilibre neuro-végétatif par rapport au sujet normal le plus central, dont le rapport G_2/G_1 est égal à 1,325 et le rapport G_3/G_1 à 1,10 dans une population de 923 sujets examinés.

Autour de ce point central A, les 923 sujets normaux se dispersent en un nuage, auquel les règles de la statistique permettent de reconnaître deux axes perpendiculaires S^-S^+ et V^-V^+.

La situation de chaque point du nuage par rapport aux deux axes S^-S^+ et V^-V^+, permet de caractériser respectivement son tonus sympathique et son tonus vagal par rapport au sujet central, considéré comme normal.

Les sujets situés dans le cadran I ont un tonus équilibré en hypertonie. Ceux du cadran III sont équilibrés en hypotonie. Les sujets du cadran II sont déséquilibrés par hypertonie vagale, ceux du cadran IV déséquilibrés par hypertonie sympathique.

Or la constance glycémique normale est l'expression d'un équilibre neuro-humoral et de la régulation nutritive d'un débit.

Pour les sujets hypertoniques ou hypotoniques (cadrans I et III) équilibrés, le tonus autonome n'apporte aucune entrave à la régulation nutritive.

Pour les sujets végétativement déséquilibrés au contraire, dans le cadran II (hypertonie vagale) l'homéostasie réclamera une accélération du débit glucosé; dans le cadran IV (hypertonie sympathique) l'homéostasie implique une restriction du débit nutritif.

Ces données sont actuellement appliquées à l'analyse de 1750 observations de diabète sucré.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Utilisation des gels de silice pour l'amélioration des souches de Pénicillium en vue de la production de pénicilline.* Note de M. **Henry Deshayes** et Mlle **Marcelle Peyré**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons cherché s'il était possible d'obtenir la conservation et éventuellement l'accroissement d'activité des spores de *Pénicillium*, producteur de pénicilline, sans avoir recours aux procédés classiques d'isolement monosporique, soit sur la population mère telle qu'elle, soit après mutations provoquées.

Nous avons pensé que la seule action d'un milieu convenablement choisi devait permettre d'atteindre ce résultat, et cela en n'effectuant que des repiquages massifs et successifs des cultures sur ce milieu.

Autrement dit, en présence de deux procédés, dont l'un consiste à isoler des individus dans une population hétérogène, suivre leur descendance, garder les bons et rejeter les mauvais, et l'autre qui consiste à prendre cette population hétérogène, à l'homogénéiser et à l'améliorer massivement, uniquement par l'action du milieu, nous avons choisi le second qui, s'il n'est pas classique, serait infiniment plus simple s'il réussissait.

Nous décrivons ici les résultats de la première série d'expériences qui nous ont permis de répondre affirmativement à la question posée.

Voici les milieux de sporulation utilisés :

S : gel de silice dans des boîtes de Pétri préparé selon les techniques habituelles par HCl imprégné d'un milieu nutritif synthétique minéral sucré.

F_1, F_2, F_3, repiquages successifs en tubes sur gélosé à $20\,^0/_{00}$, renfermant le milieu classique de sporulation de Moyer et Cogghil.

F_4, repiquage sur ce même milieu gélosé à $0{,}75\,^0/_{00}$.

(Chaque ensemencement de sporulation à partir d'un milieu F est doublé d'un ensemencement sur 150^{cm^3} par fiole d'un milieu de Moyer et Cogghil au corn steep couramment utilisé pour la production de pénicilline en surface; les contrôles des titres ici rapportés sont ceux du 10e jour effectués par la méthode de Heatley.)

La culture de démarrage est sur F_1 et les souches utilisées ne sont jamais

encore passées sur Silicogel. A partir de la boîte de Silicogel, nous appellerons conventionnellement Série les passages successifs de sporulation S, F_1, F_2, F_3, F_4.

Les silicogels sont ensemencés à partir de la F_2 à raison de 1 boîte par tube à la première série et 2 boîtes par tube à la deuxième, sauf 2 tubes pour lesquels il n'y en eu qu'une.

Nous sommes partis de 20 tubes d'origine différente; la production de la F_1 donnait en moyenne 146 unités de pénicilline au centimètre cube avec comme extrêmes 80 et 280.

On constate d'abord une chute progressive nette et systématique de tous les titres.

Après le premier silicogel, les titres se stabilisent à une valeur inférieure au titre initial.

Après le deuxième passage, on constate que :

1° 6 silicogels ont donné des spores de titre inférieur ou égal à 100 (moyenne 88), 23 titrent plus de 150 (moyenne 200).

2° 24 ont donné des spores ayant retrouvé le titre initial ou l'ayant très largement dépassé, 5 ont notablement baissé, 3 ont donné des cultures qui n'ont pas titré, 6 n'ont pas poussé sur le silicogel (ces 9 derniers n'ont pas été comptés dans les moyennes des titres du Tableau I). On constate en outre, par l'examen de la colonne des écarts, que l'amélioration ou la diminution du titre est indépendante de la valeur initiale : on a considéré qu'une souche avait changé de valeur quand l'écart pour cent entre F et la moyenne de la troisième série dépassait + 33 ou — 35 %.

TABLEAU I.

Série n° (démarrage).	F_1.	F_2.	F_3.	F'_1.	F'_2.	F'_3.	$\frac{F'_4}{F''_1}$.	F''_2.	F''_3.	F''_4.	Moyenne par cycle.
I.	146	53	37	–	–	–	–	–	–	–	78
	–	–	S^1	63	63	56	99	–	–	–	70
II.	–	–	–	–	–	S^2	54	94	86	120	88
							177	170	229	222	200

TABLEAU II.

Lignées qui	ont dépassé le titre initial.			ont retrouvé le titre initial.			ont baissé.		
Nombre de boîtes.	9			15			5		
	F_1.	Moyenne 3e série.	écart.	F_1.	Moyenne 3e série.	écart.	F_1	Moyenne 3e série.	écart.
Chiffres extrêmes..	80	200	+ 150	80	78	0	110	72	— 35
	150	200	+ 33	130	103	— 23	170	62	— 63
	–		–	140	173	+ 19	220	152	— 31
	170	355	+ 110	280	230	— 18	280	90	— 68
Chiffres moyens...	116	230	+ 98	131	131	0	190	90	— 53

En résumé, il est possible, uniquement par passage sur gel de silice imprégné d'un milieu synthétique minéral sucré, sans faire d'isolement monosporique et en n'effectuant que des repiquages massifs de population, d'augmenter la valeur d'une souche de Pénicillium. A partir de souches qui n'étaient jamais passées sur gel de silice, nous avons donné ici les résultats observés après les deux premiers passages sur ce milieu : 25 % ont perdu leur titre, 75 % ont été revalorisées; 47 % ayant retrouvé le titre initial, 28 % ayant dépassé sensiblement ce titre.

Dans une prochaine Note, nous étudierons l'influence de nombreux passages successifs sur ce même milieu.

HISTOCHIMIE. — *Particularités de l'évolution nucléolaire au cours de l'ovogenèse chez* Limnæa stagnalis *L.* Note (*) de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Louis Fage.

Les recherches histophysiques de l'école de Caspersson (1) ont mis en évidence l'importance du nucléole dans le métabolisme protidique de la cellule. Cette notion est illustrée par les travaux histochimiques de l'école de Raven (2), consacrés à l'ovogenèse et à la segmentation chez *Limnæa stagnalis* L. L'étude histochimique de l'ovogenèse chez *Limnæa stagnalis* nous permet de compléter la description des modifications nucléolaires par des résultats ayant trait aux ribonucléines, aux protéides contenant de la tyrosine et aux phosphatases alcalines.

1° *Ribonucléines pyroninophiles.* — L'étude des ribonucléines pyroninophiles avec contrôle par une ribonucléase Brachet, (3) montre que l'*ovocyte très jeune* fixe la pyronine du mélange de Unna au niveau du cytoplasme et du nucléole. Ce dernier est petit et homogène. Il existe encore un réseau chromatinien Feulgen-positif; le nucléole est Feulgen-négatif. L'*augmentation de l'ovocyte* va de pair avec la disparition de l'acide thymonucléique du noyau, à part quelques granules qui persistent, en s'accolant en un petit amas à la surface du nucléole. Ce dernier augmente de taille et émet de petites vésicules, pauvres en ribonucléines, qui grossissent, se libèrent du nucléole et émigrent vers la membrane nucléaire. Les coupes sériées montrent que ces vésicules sont émises par tout le pourtour du nucléole et sont, en définitive, très nombreuses. Les ribo-

---

(*) Séance du 13 juin 1949.

(1) B. Thorell, *Thèse*, Stockholm, 1947.

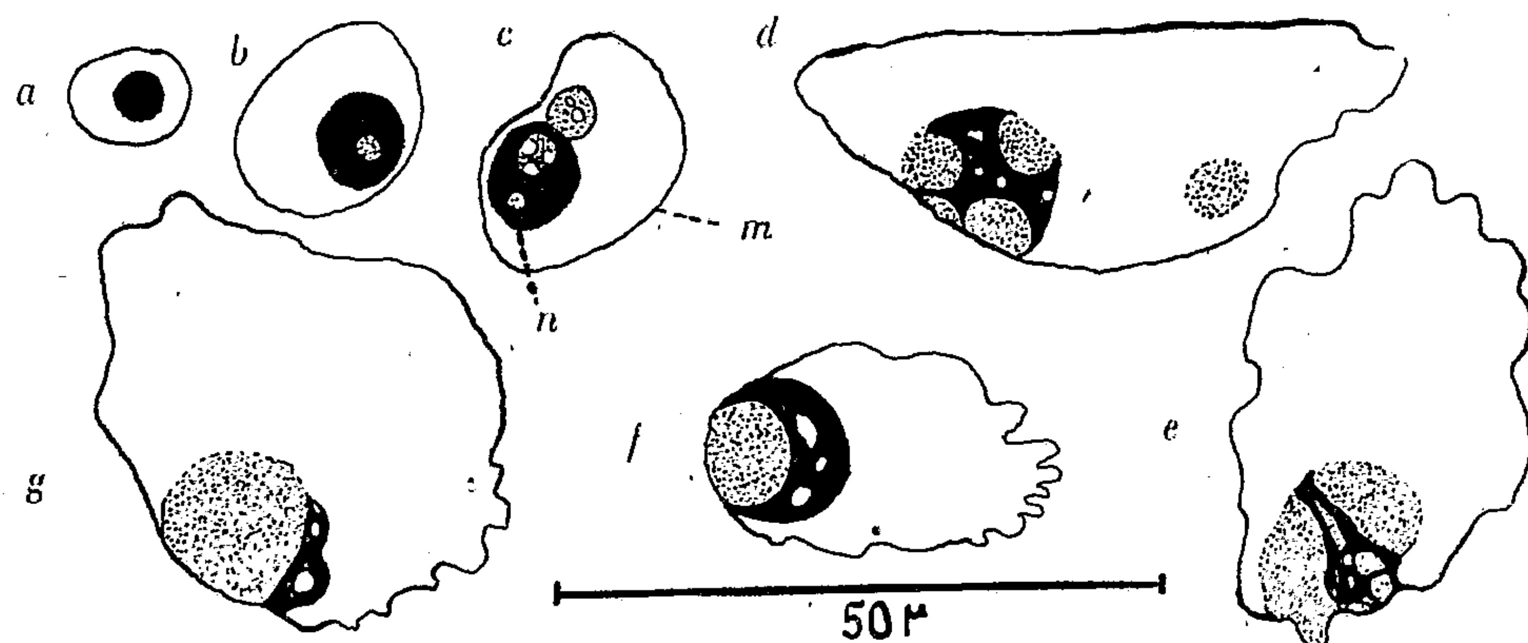
(2) M. W. Woerdemann et Ch.-P. Raven, *Experimental Embryology in the Netherlands*, 1940-45, Amsterdam, 1946).

(3) *C. R. Soc. Biologie*, 1940, 133, p. 88.

nucléines pyroninophiles du nucléole diminuent parallèlement à l'émission de ces vésicules; quand l'ovocyte a terminé son évolution, le nucléole a disparu.

2° *Protéides contenant de la tyrosine.* — La réaction de Millon-Bensley montre que le cytoplasme, le nucléole et les vésicules émises par ce dernier contiennent de la tyrosine. Le nucléoplasme en est dépourvu.

3° *Phosphatases alcalines.* — La réaction de Gomori et celle de Bourne montrent la présence d'une phosphatase alcaline dans le cytoplasme, dans le nucléole et dans les vésicules émises par celui-ci. La présence de fer dans le cytoplasme et dans le nucléole de l'ovocyte [Bretschneider (³)], gêne l'interprétation des préparations obtenues par la technique de Gomori. Nous avons pu tourner la difficulté en comparant les préparations obtenues par la réaction de Gomori avec celles que donne la réaction de Bourne ainsi que par la pratique de la réaction du bleu de Turnbull, après mise en évidence des phosphatases suivant Gomori. Dans ces conditions, le sulfure ferreux est transformé en ferricyanure ferreux, bleu, alors que le sulfure de cobalt reste brun foncé.



Les ribonucléines pyroninophiles sont en noir, les vésicules nucleolaires en pointillé; *m*, membrane nucléaire; *a*, noyau d'un ovocyte très jeune à nucléole uniformément pyroninophile; *b*, noyau d'un ovocyte jeune, apparition d'une vésicule nucléolaire; *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, stades ultérieurs de l'évolution du nucléole.

En somme, le nucléole de l'ovocyte devient hétérogène au cours de l'ovogenèse; au voisinage de zones fortement pyroninophiles, on trouve des zones colorées en rose pâle par la pyronine du mélange de Unna, ainsi que des zones colorées en gris bleu. L'hétérogénéité du nucléole à certains stades de l'ovogenèse apparaît d'ailleurs après emploi des colorants basiques, et de nombreux auteurs ont décrit, depuis Balbiani (⁴), des structures nucléolaires; leur interprétation histochimique n'a été rendue possible que par les recherches

(⁴) HENNEGUY, *Leçons sur la cellule*, Paris, 1896, p. 104.

récentes. Chez les Polyplacophores, Gabe et Prenant ([5]) rapportent des particularités histochimiques semblables du nucléole au cours de l'ovogenèse.

La nature protéidique des émissions nucléolaires est démontrée, chez *Limnæa stagnalis*, par la réaction de Millon-Bensley; on saisit ainsi sur le vif l'intervention nucléolaire dans l'élaboration intracellulaire de protéides. La présence d'une phosphatase dans le nucléole et dans ses émissions ne saurait surprendre, puisque l'on connaît l'intervention des phosphatases dans les synthèses protéidiques.

Conclusion. — Au cours de la vitellogenèse chez *Limnæa stagnalis* L., le nucléole augmente de volume pendant que disparaît l'acide thymonucléique du nucléoplasme. Dans un deuxième temps, il diminue par suite de l'émission de vésicules faiblement pyroninophiles, uniformément riches en protéides contenant de la tyrosine, et en phosphatase alcaline. Ces vésicules émigrent vers la membrane nucléaire, qui présente des plissements au niveau desquels les vésicules émises par le nucléole passent dans le cytoplasme où se poursuit la synthèse du vitellus.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison de deux souches, l'une américaine, l'autre française, du virus de la lymphogranulomatose vénérienne.* Note (*) de M. **Pierre Lépine** et Mlle **Valentine Sautter**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Des arguments cliniques et expérimentaux [comme la difficulté d'isoler directement le virus de la maladie de Nicolas et Favre par passage de l'Homme à la Souris ([1]) observée en Europe au contraire de ce qu'on observe en Amérique] donnent à penser qu'il existe des différences entre les souches de lymphogranulomatose vénérienne, plus spécialement entre les souches américaines et européennes.

Nous avons comparé une souche américaine [souche Rake ([2])] avec la souche française classique Kam [isolée le 23 octobre 1930, étudiée par C. Levaditi, P. Ravaut, P. Lépine et R. Schoen ([3]), J.-C. Levaditi ([4]), R. Schoen ([5])] ayant subi un grand nombre de passages intracérébraux

([5]) *La Cellule* (sous presse).

(*) Séance du 13 juin 1949.

([1]) J.-C. Levaditi, P. Lépine, P. Vinzent et L. Reinié, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 369.

([2]) Cette souche nous a été adressée sous forme de sac vitellin lyophilisé le 4 octobre 1946, représentant le 23e passage de la souche, par le Dr J.-E. Smadel, Department of Virus and Rickettsial Diseases, Army Medical Center, Washington, D. C., qui l'avait lui-même reçue du Dr Joffrey Rake, Squibb Institute of Medical Research, New Brunswick, N. J.

([3]) *Ann. Inst. Pasteur*, 48, 1932, p. 27.

([4]) *La Maladie de Nicolas Favre expérimentale*, Paris, 1936.

([5]) *Ann. Inst. Pasteur*, 62, 1939, p. 260-282; *ibid.*, 65, 1940, p. 336-356.

d'abord sur le Singe puis sur la Souris. Alors que la souche Rake se cultive facilement dans le sac vitellin de l'œuf de Poule embryonné, la souche Kam n'a pu y être adaptée qu'après 15 essais infructueux; cette adaptation obtenue en 1947 s'est montrée pendant deux ans irrégulière et fragile.

L'une et l'autre des deux souches déterminent les lésions de la lymphogranulomatose cérébrale de la Souris, avec production, à la période aiguë, de kystes intra-cérébraux et, chez les souris survivantes, évolution vers un type chronique accompagné d'hydrocéphalie. Toutefois, la souche Kam marque pour la région de l'infundibulum une prédilection marquée, non retrouvée avec la souche Rake et surtout, alors que chez cette dernière souche la virulence cérébrale des souris ne dépasse pas le 20-22e jour d'après nos essais, les souris chroniquement infectées avec le virus Kam demeurent indéfiniment porteuses de virus. Cependant, la virulence cérébrale de la souche Kam, qui atteint 10^{-5} à la période aiguë, n'excède pas habituellement 1/500 à la phase chronique.

Notons que l'une et l'autre de ces deux souches sont utilisées à la préparation d'antigènes, soit pour la déviation du complément, soit pour intradermoréaction de Frei.

Nous avons comparé le degré de protection que chacune des deux souches peut assurer contre une réinoculation soit par l'une soit par l'autre d'entre elles.

Des lots de souris sont préparés par injections intracérébrales et les survivantes (132 souris) réinoculées en prenant pour test :

a. La comparaison de la mortalité par rapport à des lots de souris témoins recevant à titre de première inoculation le même virus que celui de l'épreuve;

b. Chez des souris éprouvées, sacrifiées systématiquement le 7e jour, la recherche des lésions aiguës (formation de kyste, afflux leucocytaire) se superposant aux lésions chroniques dont elles sont déjà porteuses.

Dans ces conditions on observe :

1° *Souris Kam éprouvées avec virus Kam*. — Ces souris présentent une résistance certaine. Leur immunité n'est néanmoins pas totale car un petit nombre de souris dans chaque lot peuvent être réinfectées.

2° *Souris Kam éprouvées avec virus Rake*. — L'immunité observée est très faible. Le plus grand nombre des souris présentent des lésions aiguës. Éprouvées le 23e jour, la mortalité est la même chez les souris éprouvées et chez les témoins.

3° *Souris Rake éprouvées avec virus Rake*. — On n'observe pas d'immunité. Il n'y a pas de différence ni histologique ni de mortalité entre les souris éprouvées et les témoins.

4° *Souris Rake éprouvées avec virus Kam*. — Pas d'immunité. Le pourcentage des décès est plus élevé (du fait des lésions pré-existantes) chez les souris éprouvées que chez les témoins. Toutes les souris présentent des lésions aiguës.

Conclusion. — 1° Sans préjuger de l'existence des anticorps tissulaires

[Grabar et Schoen (6)], il semble que la résistance à l'infection intra-cérébrale de la Souris soit due à la persistance du virus plutôt qu'à la seule existence de lésions chroniques.

2° Le comportement de la souche Rake (américaine) et celui de la souche Kam (européenne) s'avèrent nettement différents. Malgré le nombre des passages sur animal, il ne semble pas qu'il s'agisse là d'un caractère acquis de la souche Kam, déjà étudiée à plusieurs reprises.

S'il paraît établi que les souches américaines présentent un type uniforme [Rake et Jones (7), Hamre et Rake (8), Saint-John et Gordon (9)], la rareté des souches européennes, dont la souche Kam est la seule régulièrement entretenue, ne permet pas de dire si cette dernière représente, comme on peut le penser, le type général de notre continent.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

L. B.

---

(6) *Bull. Soc. Chimie biol.*, 23, 1941, p. 281 et 291.
(7) *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 53, 1943, p. 86; et *J. exp. Med.*, 79, 1944, p. 463.
(8) *J. inf. Dis.*, 74, 1944, p. 206.
(9) *J. inf. Dis.*, 80, 1947, p. 297.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 9 mai 1949.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Hélène Poussel*, Sur les actions toxiques des isomères de l'hexachlorocyclohexane :

Page 1533-1535, dans le texte de cette Note, *au lieu de* la daphnie, *lire* le *Gammarus*.

(*Comptes rendus* du 16 mai 1949.)

Note présentée le 9 mai 1949, de M. *Henri Guérin*, Mlle *Jeannine Masson* et M. *Marc Bassière*, Sur les arsénites alcalino-terreux. Étude du système As_2O_3—O'Ba—OH_2 à 60°.

Page 1589, 28e ligne, au début, *au lieu de* puit, *lire* puisse.

Note présentée le 2 mai 1949, de M. *François H. Raymond*, Remarque sur la stabilité en connexion avec les valeurs propres d'une matrice :

Page 1565, 3e ligne, *au lieu de* inférieur à l'unité, *lire* inférieur à $1/n$ (n étant leur ordre).

(*Comptes rendus du* 30 mai 1949.)

Note présentée le 16 mai 1949 de Mmes *Nadine Marty*, *Jeanne Laberrigue* et *Hélène Langevin*, Étude du spectre β et des rayonnements γ du ^{76}As :

Page 1722, 2e ligne du titre, *au lieu de* Jeanne Labeyrigue, *lire* Jeanne Laberrigue.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 JUIN 1949.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **George Pólya**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Stanford (Californie), **Frederic Riesz**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Budapest, **Marcel Riesz**, Professeur à l'Université de Lund (Suède), **Ole Peder Arvesen**, Professeur à l'École Polytechnique de Trondheim (Norvège), qui assistent à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des prix aura lieu le lundi 19 décembre 1949.

MÉCANIQUE. — *Sur la génération des engrenages.* Note (*) de M. **Jules Haag**.

La parution récente d'un nouvel ouvrage de M. Capelle [1] sur cet important problème m'a incité à revoir un travail rédigé en mars 1945 et non publié. Je pense qu'il est peut-être utile d'en exposer les grandes lignes.

1. Soit le trièdre de référence T_0 et le trièdre T_1 dont la position par rapport à T_0 dépend du paramètre λ_1. Soit de même le trièdre T_2, dont la position par rapport à T_0 dépend de $\lambda_2 = f(\lambda_1)$. Représentons par les symboles (T_1, T_0) et (T_2, T_0) les mouvements conjugués obéissant à la relation ci-dessus. Cette liaison peut être réalisée matériellement par le contact de deux surfaces D_1 et D_2, respectivement solidaires de T_1 et T_2 et qui limitent des *dents*. Telle est la définition générale d'un *engrenage*. On dit qu'il est à *contact ponctuel* ou *linéaire* suivant que D_1 et D_2 sont tangentes en un seul point ou le long d'une ligne.

(*) Séance du 20 juin 1949.

(1) *Théorie et calcul des engrenages hypoïds.* Paris, 1949.

2. Imaginons maintenant un autre trièdre T, animé par rapport à T_0 du mouvement arbitraire (T, T_0), appelé *mouvement générateur*. A ce trièdre est liée une surface N appelée *surface de coupe*. Dans la pratique, cette surface est engendrée par l'arête d'un couteau, animé d'un mouvement plus ou moins compliqué par rapport au chariot solidaire de T [2].

Donnons simultanément à T, T_1, T_2 les trois mouvements ci-dessus. Appelons S, S_1, S_2 les systèmes de vecteurs donnant la distribution des vitesses dans ces trois mouvements. Dans le mouvement (T, T_1), la caractéristique C_1 de N est le lieu des points de N où la normale appartient au complexe linéaire $(S-S_1)$ des droites de moment nul par rapport au système $S-S_1$. L'enveloppe de N est une surface D_1, tangente à N le long de C_1. Le mouvement (T, T_2) nous donne de même C_2 et D_2. Soit M un point commum à C_1 et C_2. Les surfaces D_1 et D_2 sont tangentes en M à N, donc tangentes entre elles. Ce sont les dents du nº 1.

Si les courbes C_1 et C_2 ont un seul point commun, on a un engrenage à contact ponctuel; si elles ont un arc commun, on a un engrenage à contact linéaire.

Pour la génération des dents, on peut évidemment substituer au trièdre de référence T_0 un autre trièdre T'_0, animé d'un mouvement arbitraire (T'_0, T_0). Le mouvement générateur devient $(T, T'_0)=(T, T_0)+(T_0, T'_0)$.

3. Pour des raisons d'ordre technique, les engrenages à contact linéaire sont particulièrement recherchés. Voyons comment on peut les obtenir. Deux cas sont à considérer :

I. *Surface de coupe arbitraire.* — Il faut et il suffit que les complexes linéaires $(S-S_1)$ et $(S-S_2)$ soient confondus, ce qui se traduit par

$$S-S_1=\lambda(S-S_2), \tag{1}$$

le facteur λ pouvant être choisi arbitrairement en fonction du paramètre λ_1 du nº 1. Il y a donc une infinité de mouvements générateurs réalisant cette condition.

II. *Mouvement générateur arbitraire.* — On doit choisir la surface de coupe de manière qu'elle coupe orthogonalement les génératrices d'une surface réglée appartenant à la congruence linéaire commune aux complexes linéaires $(S-S_1)$ et $(S-S_2)$.

L'étude de ces deux questions du point de vue général envisagé ci-dessus peut intéresser les géomètres; mais, elle n'intéresse les mécaniciens que si les mouvements de T, T_1, T_2 par rapport à T_0 sont des mouvements simples, tels que mouvements hélicoïdaux, rotations ou translations.

---

[2] Pour les détails techniques, se reporter au premier ouvrage de M. Capelle : *Étude de la génération des engrenages par la méthode des roulettes*. Paris, 1938.

4. Plaçons-nous dans cette hypothèse et soient A, A_1, A_2 les axes des trois mouvements; k, k_1, k_2 leurs pas, ω, ω_1, ω_2 leurs vitesses angulaires.

Dans le cas I, les trois axes doivent avoir la même perpendiculaire commune Ox. Prenons Oz suivant A et appelons R_1, R_2 les abscisses de A_1, A_2; θ_1, θ_2 les angles de Oz avec A_1 et A_2. Les coordonnées des systèmes S, S_1, S_2 par rapport à $Oxyz$ sont respectivement

$$0,\ 0,\ \omega,\ 0,\ 0,\ k\omega;\quad 0,\quad -\omega_1\sin\theta_1,\quad \omega_1\cos\theta_1,\quad 0,\quad -R_1\omega_1\cos\theta_1,\quad k_1\omega_1-R_1\omega_1\sin\theta_1$$

et les expressions analogues avec l'indice 2. La condition (1) se traduit par

$$\frac{\omega_1\sin\theta_1}{\omega_2\sin\theta_2}=\frac{\omega-\omega_1\cos\theta_1}{\omega-\omega_2\cos\theta_2}=\frac{R_1\omega_1\cos\theta_1}{R_2\omega_2\cos\theta_2}=\frac{k\omega-k_1\omega_1+R_1\omega_1\sin\theta_1}{k\omega-k_2\omega_2+R_2\omega_2\sin\theta_2}=\lambda.$$

Choisissons arbitrairement ω_1, ω_2, k_1, k_2, ainsi que θ_1, θ_2, sous réserve que $\theta_2-\theta_1=\alpha$, angle des deux axes A_1 et A_2. On a immédiatement, en posant $R_2-R_1=a$, distance des axes A_1, A_2,

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned}&\frac{R_1}{R_2}=\frac{\operatorname{tg}\theta_1}{\operatorname{tg}\theta_2},\qquad \omega=\frac{\omega_1\omega_2\sin\alpha}{\omega_2\sin\theta_2-\omega_1\sin\theta_1},\\ &k=\frac{k_1\sin\theta_2-k_2\sin\theta_1}{\sin\alpha}+\frac{a\sin\theta_1\sin\theta_2}{\sin\alpha}.\end{aligned}\right.$$

La première de ces formules détermine O sur la perpendiculaire commune, donc la position de l'axe Oz du mouvement générateur; la deuxième et la troisième donnent la vitesse angulaire et le pas de ce mouvement.

En général, les mouvements de T_1 et T_2 par rapport à T_0 sont des rotations, de sorte que $k_1=k_2=0$; le premier terme de la troisième formule disparaît. On voit *qu'il y a une infinité de manières de tailler les dents d'un engrenage gauche à contact linéaire, au moyen d'un mouvement générateur hélicoïdal, la surface de coupe étant arbitraire.*

En remplaçant T_0 par T'_0 animé d'une translation suivant Oz, on peut réduire le mouvement générateur à une rotation; mais le bâti supportant A_1 par exemple doit alors subir une translation.

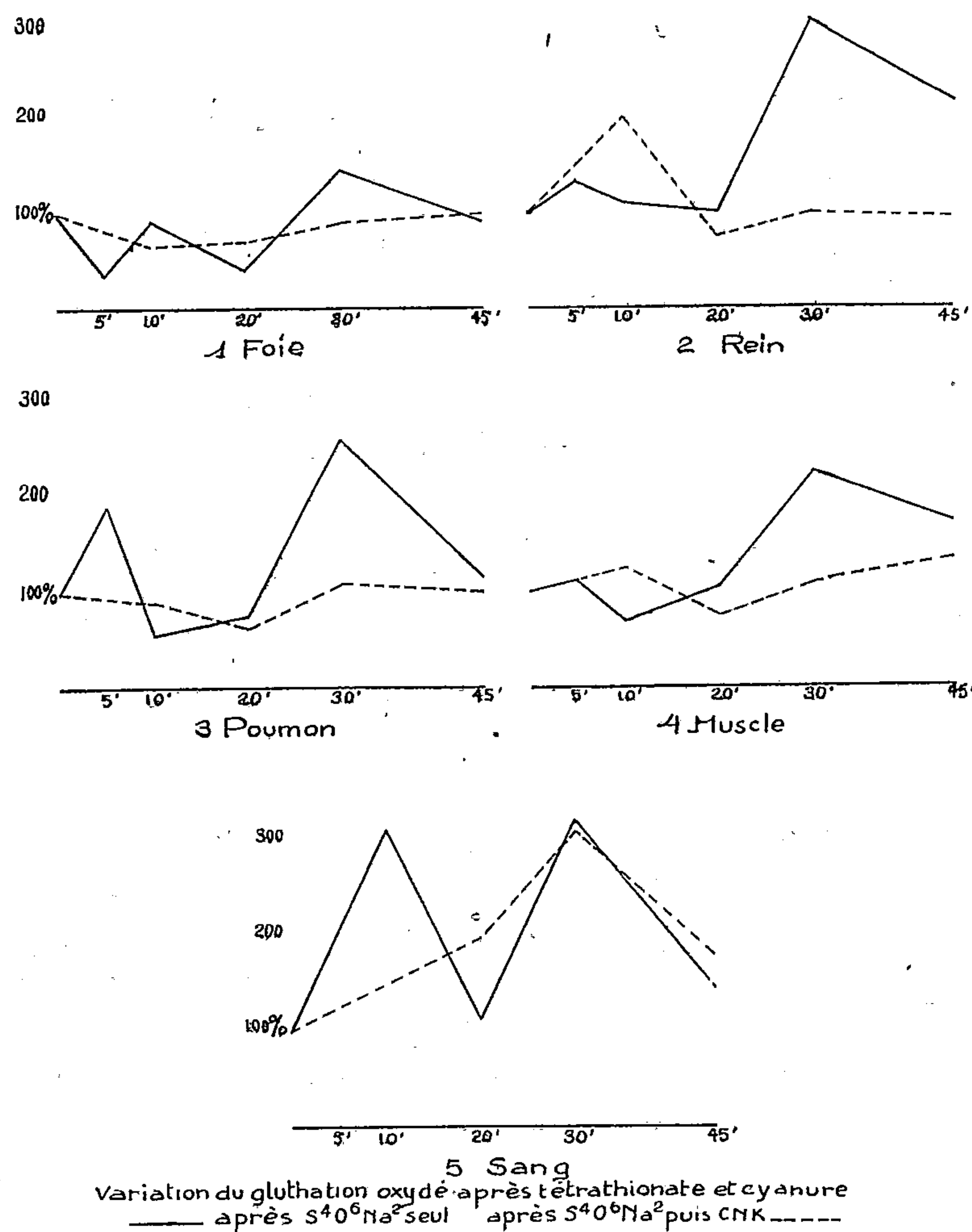
On pourrait obtenir des mouvements générateurs plus compliqués par la viration d'un conoïde de Plücker (*voir* un Mémoire de l'auteur dans *Journ. Math. pures et appl.*, 1910, p. 355); mais, cela n'a pas d'intérêt pratique.

J'ai fait une étude complète du cas II; à part quelques cas particuliers, je n'ai obtenu que des résultats déjà trouvés par M. Capelle dans son premier Mémoire.

J'ai étudié également le problème des interférences locales, ainsi que celui du rendement; mais, je ne puis exposer ici les résultats obtenus dans cette voie.

BIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'action antidote du tétrathionate de sodium vis-à-vis de l'intoxication cyanhydrique.* Note de MM. **Léon Binet, Georges Wellers**, et **Jacques Dubrisay.**

Dans deux Notes précédentes ([1]) nous avons souligné l'efficacité du tétrathionate de sodium comme antidote de l'intoxication cyanhydrique et montré qu'il existait un parallélisme entre l'action préventive du tétrathionate et son action oxydante sur le glutathion des tissus.



Variation du gluthation oxydé après tétrathionate et cyanure
——— après $S^4O^6Na^2$ seul après $S^4O^6Na^2$ puis CNK - - - -

Nous avons cherché à prouver l'utilisation effective du glutathion oxydé par le tétrathionate dans la lutte contre l'intoxication cyanhydrique. Dans ce but, nous avons comparé les variations du taux de glutathion de l'organisme après

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1941; 228, 1949, p. 1781.

injection de tétrathionate seul, rapportées dans notre précédente Note, avec celles obtenues après administration de tétrathionate, puis de cyanure de potassium.

Nous avons donc continué les dosages de glutathion des divers organes, 5 minutes après injection sous-cutanée de deux doses minima mortelles (30 mg/kg) de CNK, celle-ci étant elle-même faite un temps variable après une injection intra-péritonéale de 200 mg/kg de tétrathionate. Les résultats sont consignés dans les tableaux I et II.

TABLEAU I. — *Glutathion* (en mg) *après tétrathionate, puis cyanure.*

Nombre d'Animaux.	Intervalle entre les inj.	Intervalle après CNK.	Sang Tot.	Sang Réd.	Sang Ox.	Foie Tot.	Foie Réd.	Foie Ox.	Rein Tot.	Rein Réd.	Rein Ox.	Poumon Tot.	Poumon Réd.	Poumon Ox.	Muscle Tot.	Muscle Réd.	Muscle Ox.
4.....	5 +	5	43,4	28,9	14,5	184,4	149,7	34,7	187,9	122,4	65,5	88,5	59,6	28,9	52,8	26,9	25,9
3.....	15 +	5	56,9	37,9	19	197,6	161,2	36,4	178,2	153,3	24,9	96,8	76,6	20,2	48,3	33,1	15,2
6.....	25 +	5	66,1	37,7	28,4	232,8	182,8	50	203,7	169,4	34,3	117,6	82,8	34,8	52,5	30,2	22,3
5.....	40 +	5	53,6	36,4	17,2	188,8	135,7	53,1	183,4	152,8	30,6	116,6	74,4	42,2	58,3	30,9	27,4

TABLEAU II. — *Glutathion après tétrathionate, puis cyanure,* en % de la normale.

Nombre d'Animaux.	Intervalle entre les inj.	Intervalle après CNK.	Sang Tot.	Sang Réd.	Sang Ox.	Foie Tot.	Foie Réd.	Foie Ox.	Rein Tot.	Rein Réd.	Rein Ox.	Poumon Tot.	Poumon Réd.	Poumon Ox.	Muscle Tot.	Muscle Réd.	Muscle Ox.
4........	5 +	5	79	64	151	72	74	65	97	76	198	82	79	90	102	86	128
3........	15 +	5	103	83	197	77	80	68	92	95	75	90	102	63	88	106	75
6........	25 +	5	120	83	312	91	91	91	105	106	102	110	110	110	102	97	110
5........	40 +	5	104	80	178	74	67	100	95	95	95	109	100	131	106	99	135

Une vérification préalable nous ayant prouvé que le cyanure seul n'entraîne pas de modifications appréciables du chiffre de glutathion et en particulier du glutathion oxydé, on voit par contre que les modifications de celui-ci sont très différentes après tétrathionate seul ou après tétrathionate et cyanure.

Dans le muscle, le foie, le rein et le poumon, la baisse du glutathion oxydé sous l'effet du tétrathionate entre la 25e et la 30e minute est abolie après injection de cyanure de potassium. Dans ces organes, il semble donc bien y avoir utilisation du glutathion oxydé dans la lutte contre l'intoxication cyanhydrique.

Par contre, l'oxydation à ce stade du glutathion dans le sang n'est pas modifiée, ce qui semble prouver que la détoxication est dans ce cas un processus tissulaire et non humoral.

Pourtant, dans le sang et le poumon, l'oxydation initiale entre les 5e et 10e minutes est abolie par le cyanure, ce qui permet de penser qu'à ce stade, le siège de la détoxication n'est peut-être pas le même.

En conclusion, un certain nombre d'arguments paraissent confirmer notre

hypothèse sur le mécanisme d'action du tétrathionate de sodium dans la lutte contre l'intoxication cyanhydrique, par l'intermédiaire de l'oxydation des groupements sulfhydrilés, et en particulier du glutathion.

En effet, d'une part l'action préventive du tétrathionate est parallèle à son action oxydante sur le glutathion, d'autre part, la hausse du taux du glutathion oxydé sous l'influence du tétrathionate est abolie par le cyanure de potassium. Il semble d'ailleurs que deux stades puissent être ici distingués : *un stade précoce* (5 à 10 minutes après l'injection de tétrathionate) où dans le sang le glutathion est oxydé par le tétrathionate et utilisé par le cyanure; un *stade plus tardif*, où ces phénomènes ont un siège non plus humoral, mais tissulaire, dans les principaux organes tels que le foie, le rein et le muscle.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Couche-limite laminaire sur l'hélicoïde en viration uniforme.* Note (*) de M. **Maurice Roy.**

1. Soit, en coordonnées cylindriques (x, r, θ), une *lame hélicoïde* semi-indéfinie ($x \geqq 0$, $r \geqq r_0$, pas h négatif). Imaginons-la en rotation uniforme ω autour de Ox dans un liquide indéfini, à très faible viscosité cinématique ν et à vitesse axiale V uniforme à l'amont ($V = -\omega h/2\pi > 0$). L'écoulement relatif permanent est le même que si la lame était en viration uniforme $(-V, \omega)$ dans le liquide en repos. La couche limite, supposée laminaire, est identique sur les deux faces de la lame.

Cette généralisation du problème classique de la plaque plane est une introduction naturelle à l'étude de la couche-limite sur des ailettes tournantes de turbo-machine axiale.

2. Prenons pour coordonnées curvilignes locales s, n, r : l'hélice circulaire d'axe Ox et de pas h, orientée suivant le flux, l'hélice orthogonale, et la direction radiale centrifuge, les axes $\vec{s}$, $\vec{n}$, $\vec{r}$ formant un trièdre direct. Notons v_s, v_n, v_r les composantes de la vitesse relative, fonctions de s, n, r.

Posons $\operatorname{tg}\beta = \omega_r/V$ et $\nu = \varepsilon^2 VL$, (ε, nombre infiniment petit; L, longueur finie de référence, par exemple $L = r_0$), et admettons que, dans l'épaisseur $\delta = k(s, r)\varepsilon L$ (k, fini) de la couche-limite, v_n reste d'ordre εV et toutes ses dérivées partielles d'ordre ε par rapport à celles de v_s.

3. On établit, d'abord, que, *dans la couche-limite*, v_r *est d'ordre* V *comme* v_s, et non d'ordre εV comme v_n, sinon v_s et v_n devraient être les mêmes qu'en plaque plane et, en outre, v_s devrait être égal à $(\omega r/\sin\beta) = (V/\cos\beta)$, conditions incompatibles et absurdes.

J'admets que les dérivées partielles de v_r et de v_s sont de même ordre. L'équation du mouvement suivant $\vec{n}$ donne alors, par une intégration jusqu'à la

(*) Séance du 20 juin 1949.

frontiere de la couche, où la pression p est celle p_0 du courant sain

(1) $$p \cong p_0 - 2\rho\omega\cos\beta \int_n^{\delta} v_r\, dn',$$

qui montre que la variation relative de p dans la couche est d'ordre ε (au lieu de ε^2 dans le problème de la plaque plane).

Il en résulte que, dans les équations du mouvement suivant $\vec{s}$ et $\vec{r}$, p peut encore être regardé comme quasi constant.

Les *équations de la couche-limite* se réduisent alors à

(2) $$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial v_s}{\partial s} + \frac{\partial v_n}{\partial n} + \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} = 0; \\ &v_s \frac{\partial v_s}{\partial s} + v_n \frac{\partial v_s}{\partial n} + v_r \frac{\partial v_s}{\partial r} + \frac{v_r \sin\beta}{r}(v_s \sin\beta - 2\omega r) = \nu \frac{\partial^2 v_s}{\partial n^2}; \\ &v_s \frac{\partial v_r}{\partial s} + v_n \frac{\partial v_r}{\partial n} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{(v_s \sin\beta - \omega r)^2}{r} = \nu \frac{\partial^2 v_r}{\partial n^2}. \end{aligned}\right.$$

L'effort unitaire $\vec{\Pi}$ exercé sur la paroi (indice p) par le flux situé du côté $n > 0$, a pour composantes :

(3) $$\Pi_s = \rho\nu \left(\frac{\partial v_s}{\partial n}\right)_p, \qquad \Pi_n = -p_0 + 2\rho\omega\cos s \int_0^{\delta} v_r\, dn, \qquad \Pi_r = \rho\nu \left(\frac{\partial v_r}{\partial n}\right)_p.$$

L'effort radial tangentiel Π_r n'occasionne pas de couple résistant, mais il est lié à l'écoulement dans la couche-limite, donc à la dissipation d'énergie qui s'y produit et qui se solde par ledit couple, à compenser par un couple moteur extérieur pour entretenir la rotation uniforme de la lame hélicoïde.

4. En éliminant v_n entre les trois équations (2), il reste deux équations aux dérivées partielles du second ordre pour v_s et v_r. Aucune *loi d'affinité* ne paraît admissible pour v_s ou v_r, contrairement à l'hypothèse classique pour v_s en plaque plane.

La résolution complète de (2) paraît alors inabordable. On peut cependant discuter certaines hypothèses plausibles et noter des différences importantes avec le cas classique de la plaque plane.

Concernant v_r, on note qu'à la paroi $\partial v_r/\partial n$ est (comme $\partial v_s/\partial n$) d'ordre $V/\varepsilon L$, et que $\partial^2 v_r/\partial n^2$ est d'ordre $-V/\varepsilon^2 L^2$, tandis que $\partial^2 v_s/\partial n^2$ est d'ordre $V/\varepsilon L^2$. La loi $v_r(n)$, pour s et r fixés, pourrait se concevoir de la forme $v_r = VA\eta e^{-\eta}$, avec A fini et $\eta = n/\delta$.

On peut, par suite, être tenté de regarder $\partial v_r/\partial n$ comme susceptible de devenir *beaucoup plus grand à la paroi* que $\partial v_s/\partial n$.

D'autre part, tout près de la paroi, où v_r serait très vite comparable à V, la première équation (2) montre que $\partial v_s/\partial s$ peut aisément devenir négatif et beaucoup plus grand (en module) que dans le cas de la plaque plane, où $(\partial v_s/\partial n)_p$ ne tend vers zéro que pour s infini.

Il semble ainsi possible que, par la centrifugation très intense de la couche-limite (si tg β est assez grand, r restant fini) près de la lame, v_s puisse changer de signe le long de la lame, ce qui correspondrait à un *décollement*, se rapprochant du bord d'attaque pour r croissant, le lieu de ce décollement étant défini par $(\partial v_s/\partial n)_p = 0$.

5. La difficulté de résolution de nos équations (2) fait ressortir l'intérêt d'expériences destinées à révéler, par exemple au moyen d'une action chimique du flux sur la paroi hélicoïde préparée à cet effet, l'allure de l'écoulement dans la couche-limite très près de la paroi, où le caractère laminaire reste prépondérant. Cette recherche serait importante, car la possibilité de décollements prématurés sur l'extrados où l'intrados des ailettes de turbomachine axiale aurait des conséquences importantes quant à la validité des théories tourbillonnaires usuelles.

M. **Louis de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage de **Olivier Costa de Beauregard** intitulé : *La Théorie de la Relativité restreinte*, dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, Sir **Chandrasekhara Venkata Raman** est élu Associé étranger, en remplacement de M. *Godfrey Harold Hardy*, décédé, et M. **Léon Moret** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie.

PRÉSENTATIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, l'Académie décide de présenter M. **Romain Lafont**, pour le poste d'Assistant vacant à l'Institut Océanographique de Nhatrang.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

C. A. V. Houard, Sa vie, son œuvre, par J. H. L.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la positivité des déterminants de translation des fonctions de fréquence de Pólya, avec une application à un problème d'interpolation.* Note de M. **Isaac J. Schoenberg** et Mlle **Anne Whitney**, présentée par M. Paul Montel.

Une fonction $\Lambda(x)(-\infty < x < \infty)$ est dite fonction de fréquence de Pólya (en abrégé f. f. P.) si elle est mesurable $\int_{-\infty}^{\infty} \Lambda(x)\,dx = 1$, et telle que pour

$x_1 < x_2 < \ldots < x_n;\ y_1 < y_2 < \ldots < y_n$, on ait toujours

$$D = \text{Dét.}\, \| \Lambda(x_i - y_j) \|_{1,n} \geqq 0 \qquad \text{pour} \quad n = 1, 2, 3, \ldots.$$

On sait ([1]) qu'une f. f. P. $\Lambda(x)$ admet une transformée de Laplace bilatérale

$$(1) \qquad \int_{-\infty}^{\infty} e^{-xs} \Lambda(x)\, dx = \frac{1}{\Phi(s)} \qquad (-c < \Re s < c),$$

où $\Phi(s)$ est une fonction entière du type de Laguerre et Pólya ([2])

$$(2) \qquad \Phi(s) = e^{-\gamma s^2 - \delta s} \prod_{\nu=1}^{\infty} (1 + \delta_\nu s)\, e^{-\delta_\nu s} \qquad \left(\gamma \geqq 0,\ 0 < \gamma + \sum_1^{\infty} \delta_\nu^2 < \infty\right)$$

et que, également, la réciproque d'une fonction $\Phi(s)$ de ce type admet une représentation (1) où $\Lambda(x)$ est une f. f. P. L'objet de cette Note est la solution du problème suivant : *Soit $\Lambda(x)$ une f. f. P. donnée. Quelles sont les conditions pour que l'on ait* $D = \text{dét.}\, \| \Lambda(x_i - y_j) \|_{1,n} > 0$? La réponse est donnée par le théorème suivant :

Théorème. — *On a toujours $D > 0$ si $\gamma > 0$, ou, si $\gamma = 0$, lorsque la série $\sum_1^{\infty} |\delta_\nu|$ est divergente. Si $\sum_1^{\infty} |\delta_\nu|$ est convergente, soient k et h respectivement les nombres des termes positifs et négatifs de la suite*

$$\delta_1,\ \delta_2,\ \ldots \quad (0 \leqq k,\ h \leqq \infty,\ k + h > 1),$$

et soit $\Delta = \delta + \sum_1^{\infty} \delta_\nu$. Alors les inégalités

$$x_{i-k} < y_i - \Delta < x_{i+h} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où $x_j = -\infty$ si $j \leqq 0$ et $x_j = \infty$ si $j > n$, sont les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'on ait $D > 0$.

Considérons la puissance tronquée

$$x_+^k = \begin{cases} x^k & \text{si } x \geqq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases} \qquad (k = 1, 2, \ldots).$$

En tenant compte de la relation

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-xs} x_+^k e^{-x}\, dx = \frac{k!}{(1+s)^{k-1}} \qquad (\Re s > -1)$$

on obtient comme cas particulier le

Corollaire. — *Les inégalités*

$$x_{i-k-1} < y_i < x_i \qquad (i = 1, \ldots, n;\ x_j = -\infty \text{ si } j \leqq 0)$$

([1]) I. J. Schoenberg, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 33, 1947, p. 11-17.

([2]) *Rendiconti di Palermo*, 36, 1913, p. 1-17.

sont les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'on ait

$$D = \text{dét}\,\|(x_i - y_j)_+^k\|_{1,n} > 0 \quad (^3).$$

Soient $\xi_1 < \xi_2 < \ldots < \xi_n$ des abscisses données et $k \geqq 1$. Supposons donnés, dans chacun des intervalles $(-\infty, \xi_1)$, (ξ_1, ξ_2), ..., $(\xi_n, +\infty)$, un polynome de degré $\leqq k$ et que ces $n+1$ polynomes se raccordent pour former une fonction $F(x)$ continue ainsi que ses $k-1$ premières dérivées pour toutes les valeurs réelles de x. $F(x)$ est dite une fonction *spline* [4] de degré k. On voit aisément que $F(x)$ dépend de $n+k+1$ paramètres. Les points (x_i, y_i) $(i=1, 2, \ldots, n+k+1;\ x_1 < \ldots < x_{n+k+1})$ étant donnés, quelles sont les conditions pour que la solution du problème d'interpolation

$$(3) \qquad F(x_i) = Y_i \quad (i = 1, \ldots, n+k+1)$$

existe et soit unique? On trouve, comme application directe du Corollaire, que les inégalités

$$x_i < \xi_i < x_{i+k+1} \quad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

sont nécessaires et suffisantes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Systèmes de polynomes biorthogonaux qui généralisent les polynomes ultrasphériques.* Note de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Joseph Pérès.

M. G. Szegö, tout en simplifiant la démonstration de l'orthogonalité des polynomes de Legendre généralisés $P_n(z; a, b)$ que nous avons construits récemment [1], a généralisé de la même manière les polynomes ultrasphériques; dans ce qui suit, nous généralisons les systèmes de polynomes biorthogonaux que nous avons établis précédemment [2], en y ajoutant un paramètre λ, tout comme M. Szegö l'a fait pour les $P_n(z; a, b)$.

Le résultat principal des recherches de M. Szegö à ce sujet qui seront publiées prochainement, peut être résumé comme suit : les polynomes $P_n(z; \lambda, a, b)$ définis par la formule de récurrence

$$(1) \qquad nP_n(z) = [2n - 2 + (2\lambda + a)z + b]P_{n-1}(z) - (n - 2 + 2\lambda)P_{n-2}(z)$$
$$[n = 1, 2, \ldots;\ P_0 = 1;\ P_{-1} = 0;\ R(\lambda) > 0;\ a \geqq |b|]$$

---

(3) *Voir* S. Mandelbrojt, *Dirichlet Series* (*Rice Institute Pamphlets*, vol. 4, n° 4, 1944, Chap. IX), où la positivité de ces déterminants intervient effectivement.

(4) Aux U. S. A. on appelle *spline* une règle souple utilisée pour le tracé des courbes lisses. (*Voir* I. J. Schoenberg, *Quarterly of Applied Mathematics*, 4, 1946, p. 67.)

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1363-1365.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1553-1556. Les équations de ces Notes seront citées comme (1[1]), ...; (1[2]), ...

sont orthogonaux, de poids

(2) $$\rho_S(z) = \frac{2^{2\lambda-2}}{\pi} e^{(2t-\pi)\tau}\Gamma(\lambda + i\tau)\Gamma(\lambda - i\tau)(1-z^2)^{\lambda-\frac{1}{2}}$$
$$\left[z = \cos t,\ \tau = \frac{a\cos t + b}{2\sin t},\ 0 \leqq t \leqq \pi\right]$$

dans l'intervalle $-1 \leqq z \leqq 1$; leurs normes sont égales à

(3) $$\int_{-1}^{1} P_n^2(z)\rho_S(z)\,dz = \frac{\Gamma(n+2\lambda)}{n!}\,\frac{1}{2n+2\lambda+a}.$$

En particulier, les $P_n(z; 1/2, a, b)$ se confondent avec nos $P_n(z; a, b)$

Pour déduire d'abord ce résultat avec les moyens utilisés dans ([1]), écrivons, dans (2^1) et (5^1), $2\lambda(x-z) - az - b$ au lieu de $x - (a+1)z - b$, si bien que les coefficients de $g(x, z) = \sum_{n=0}^{\infty} x^n P_n(z; \lambda, a, b)$ satisferont à (1), et remplaçons partout $1/(1-xy)$ et $1/(1-\xi y)$ par $1/(1-xy)^{2\lambda}$ et $1/(1-\xi y)^{2\lambda}$. On obtient alors pour le résidu $u_0(x)$ l'équation

$$2x\frac{du_0}{dx} + (2\lambda + a)u_0 = \frac{1}{(1-xy)^{2\lambda}}$$

dont la solution, holomorphe à l'origine, est

(4) $$u_0(x) = \frac{1}{\Gamma(2\lambda)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Gamma(n+2\lambda)}{n!}\,\frac{(xy)^n}{2n+2\lambda+a}.$$

Utilisant ensuite, au lieu de (13^1), la formule

(5) $$\left\{\begin{aligned} &\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} (\alpha_1 - \xi)^{A_1-1}(\alpha_2-\xi)^{A_2-1}\frac{d\xi}{(1-\xi y)^{2\lambda}} \\ &\qquad = \frac{i e^{-\pi\tau}}{\Gamma(2\lambda)}\Gamma(\lambda + i\tau)\Gamma(\lambda - i\tau)[i(\alpha_1 - \alpha_2)]^{\lambda-\frac{1}{2}} g(y, z), \\ &(\alpha_{1(2)} = e^{\pm it},\ A_{1(2)} = \lambda \mp i\tau,\ R(\lambda) > 0,\ g(y, z) = (1-\alpha_2 y)^{-A_1}(1-\alpha_1 y)^{-A_2}), \end{aligned}\right.$$

qui se déduit de la généralisation suivante de l'intégrale d'Euler de première espèce

(6) $$\left\{\begin{aligned} &\int_0^1 \zeta^{A_1-1}(1-\zeta)^{A_2-1}[1 - a_1\zeta - a_2(1-\zeta)]^{-A_1-A_2}d\zeta = (1-a_1)^{-A_1}(1-a_2)^{-A_2}B(A_1, A_2) \\ &\qquad [R(A_{1(2)}) > 0,\ |a_{1(2)}| < 1], \end{aligned}\right.$$

(11^1) se transforme en l'équation

(7) $$u_0(x) = \frac{1}{\Gamma(2\lambda)} \int_{-1}^{1} g(x, z)\,g(y, z)\,\rho_S(z)\,dz,$$

qui, associée à (4), démontre (2) et (3) ainsi que l'orthogonalité des $P_n(z; \lambda, a, b)$.

Passant aux systèmes de polynomes biorthogonaux traités dans ([2]), écrivons, dans (9^2) et (14^2), $2\lambda(x-a(z))$ au lieu de $x-a(z)$, et remplaçons la deuxième équation (7^2) par $2\lambda a(z)+b(z)f(z)=\sum_0^N \varepsilon_\nu z^\nu$, et le deuxième membre de (14^2) par

$$(8)\qquad -\sum_{k=0}^{N-1}\sum_{i=0}^{N-k-1}\left(\frac{4\lambda x y_k^2}{(1-xy_k)^{2\lambda+1}}e_{i+k+1}+\frac{y_k}{(1-xy_k)^{2\lambda}}\varepsilon_{i+k+1}\right);$$

alors, les N premiers coefficients de $u(x,z)=\sum_0^\infty u_\nu(x)z^{-\nu-1}$ deviennent

$$u_j(x)=\frac{y_j}{(1-xy_j)^{2\lambda}}\qquad (j=0,\ldots,N-1).$$

Procédant ensuite de la manière indiquée à la fin de ([2]), on obtient à nouveau, grâce à (7), l'équation (16^2), où λ sera remplacé par j (et dont le deuxième membre doit être complété par le facteur z^i), $\rho(z)$ étant défini par

$$(9)\quad\left\{\begin{aligned}&\rho(z)=\frac{(-1)^\nu}{\pi}2^{2\lambda-2}\exp[(2t-(2\nu+1)\pi)\tau]\Gamma(\lambda+i\tau)\Gamma(\lambda-i\tau)\,|\,b(z)\sqrt{d(z)}\,|^{2\lambda-1},\\&\left(t=\frac{1}{i}\log(a(z)-b(z)\sqrt{d(z)}),\ \tau=\frac{f(z)}{2i\sqrt{d(z)}},\right.\\&\left.\quad R(\lambda)>0;\ \nu\pi<t<(\nu+1)\pi;\ \nu=0,\ldots,N-1\right).\end{aligned}\right.$$

Par conséquent, les relations de biorthogonalité (13^2) restent valables avec les nouvelles définitions de ε_ν et $\rho(z)$ et des $P_{\nu N}$, définis ici comme les coefficients de la série

$$(10)\qquad g_N(x,z)=\sum_{\nu=0}^\infty x^\nu P_{\nu,N}(z;\lambda,a(z),b(z),d(z),f(z))=(1-xe^{it})^{-\lambda+i\tau}(1-x\bar{e}^{it})^{-\lambda-i\tau}.$$

A l'aide des variables ξ, η, x, y, ce résultat peut être résumé par la formule

$$(11)\qquad \begin{aligned}&\sum_{j=1}^{n}\int_{c_{2j-1}}^{c_{2j}}\frac{(\xi z)^N-1}{\xi z-1}g_N(x,z)\\&\quad\times\Big[2y\frac{dg_N(y,z)}{dy}(a(z)-a(\eta))+g_N(y,z)\\&\qquad\times(2\lambda a(z)+b(z)f(z)-2\lambda a(\eta)-b(\eta)f(\eta))\Big]\frac{\rho(z)\,dz}{z-\eta}\\&=\frac{(\xi\eta)^N-1}{\xi\eta-1}\,\frac{1}{(1-xy)^{2\lambda}}\qquad [|x|,|y|<1].\end{aligned}$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *La théorie du potentiel sur une surface de Riemann.* Note de M. **Roger Bader**, présentée par M. Paul Montel.

1. Suivant la définition proposée par M. R. Nevanlinna, la frontière idéale d'une surface de Riemann ouverte, S, définie de la façon la plus générale par un ensemble convenable de cercles paramètres $K_\nu, |w_\nu| \leq 1$ (¹), est de mesure nulle ou non nulle par rapport à une certaine classe de fonctions définies sur S, non constantes, si cette classe est vide ou non. Dans ce qui suit, nous parlerons simplement de mesure nulle ou non nulle de la frontière S, étant bien entendu qu'il s'agira toujours de la classe des fonctions harmoniques sur S à l'extérieur d'un cercle γ, situé dans un cercle paramètre, et constantes sur la circonférence de γ.

2. En vue d'appliquer les méthodes de la théorie du potentiel, on peut construire sur S une fonction $\chi(w, a, b)$, définie à une constante près, analogue à $\log 1/|z|$ dans le plan complexe z : harmonique en tout point de S, sauf en un point a où son comportement est analogue à celui de $\log 1/|w-a|$ et en un point b, distinct de a, où son comportement est analogue à celui de $\log |w-b|$.

Cette construction est immédiate si la frontière est de mesure non nulle : il existe alors sur S les fonctions de Green de $g(w, a)$, $g(w, b)$ harmoniques sur S sauf en a et en b où elles ont un pôle logarithmique et l'on a

$$\chi(w, a, b) = g(w, a) - g(w, b) + \text{const.}$$

Dans le cas où la mesure de la frontière est nulle, on part de l'existence des fonctions de Green du domaine extérieur à un petit cercle γ, de pôles a et b, extérieurs à γ, $g_\gamma(w, a)$, $g_\gamma(w, b)$ et l'on montre que la suite des fonctions $G_\gamma = g_\gamma(w, a) - g_\gamma(w, b)$ converge uniformément quand le rayon du cercle γ tend vers zéro. La démonstration se fait en suivant la méthode du Mémoire de S. Johansson : *Herstellung automorpher Potentiale bei beliebigen Hauptkreisgruppen* (²).

3. Si l'on choisit la constante qui figure dans la définition de $\chi(w, a, b)$ de façon que

$$\lim_{w \to b} \left[\chi(w, a, b) + \log \frac{1}{|w - b|} \right] = 0,$$

il est facile de montrer que la fonction $\chi(w, a, b)$ jouit de la propriété de symétrie

$$\chi(w, a, b) = \chi(a, w, b).$$

On applique en effet la formule de Green dans le domaine limité par γ et une

(¹) Pour la définition complète : R. Nevanlinna, *Annales Academiæ Scientiarum Fennicæ*, 1941, *Math. Phys.*, 1.

(²) *Acta Soc. Sci. Fenn.*, 41, nº 2, 1912.

courbe Γ_ρ qui tend vers la frontière idéale Γ_1 quand $\rho \to 1$, diminué des trois cercles de centres w, a et b, aux fonctions approchantes $\chi_{\gamma\rho}(z, a, b)$ et $\chi^*_{\gamma\rho}(z, w, b)$ de $\chi(z, a, b)$ et $\chi^*(z, w, b)$; on fait tendre les rayons de ces trois cercles vers zéro, ce qui donne $\chi^*_{\gamma\rho}(a, w, b) = \chi_{\gamma\rho}(w, a, b)$ et l'on obtient la relation écrite, par passage à la limite.

4. En définissant alors le potentiel dû à une répartition superficielle, linéaire ou ponctuelle d'une masse μ sur un domaine, une courbe ou un ensemble de points isolés, A, par l'intégrale de Stieltjes

$$U(w) = \int_A \chi(w, a, b)\, d\mu(a),$$

on peut définir le balayage des masses situées dans un domaine et généraliser sans difficulté les résultats de M. de la Vallée Poussin (3). En effet, le balayage de la masse unité située en un point a, intérieur à un petit cercle C de rayon r et de centre w_0, ne contenant pas b, est basé sur la formule de Poisson (d'après la propriété de symétrie, χ est harmonique en a)

$$\chi(w, a, b) = \int_C \chi(w, w_1, b) \frac{r^2 - |a - w_0|^2}{2\pi r |w_1 - a|^2} ds,$$

w_1 étant le point courant du cercle C, et sur la relation

$$1 = \int_C \frac{r^2 - |a - w_0|^2}{2\pi r |w_1 - a|^2} ds.$$

On passe au cas général en suivant pas à pas la méthode du Mémoire cité.

5. Par des balayages successifs, on peut alors répartir une masse m, uniformément répartie sur un petit cercle de centre b, sur une courbe Γ_ρ qui tend vers la frontière idéale, quand ρ tend vers 1 (limitant des domaines emboîtant qui contiennent b). Le potentiel dû à cette répartition limite est constant sur Γ_μ; il est égal au potentiel dû à la répartition initiale sur C, plus une constante, positive si m est positif. Si m_ρ est la masse ainsi définie qui engendre un potentiel égal à 1, on dira que m_ρ est la capacité de Γ_ρ. Il est facile de voir que m_ρ est décroissant quand ρ tend vers 1. La limite m_1 sera par définition la capacité de la frontière idéale. On démontre que m_1 est nulle ou non, suivant que la mesure de la frontière idéale est nulle ou non.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'existence de certaines classes de différentielles analytiques*. Note de M. **Rolf Nevanlinna**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Pour étudier les propriétés conformes invariantes d'une surface de Riemann, il est utile d'introduire certaines classes E de différentielles analy-

(3) *Ann. de l'Inst. H. Poincaré*, Vol. II, 1932.

tiques $\varphi(z)\,dz$ ($z = x + iy$ désigne un paramètre local), caractérisées par certaines propriétés, invariantes par rapport à une représentation conforme et biunivoque de la surface F. Supposons que E soit une variété linéaire. Nous disons que la frontière idéale Γ de la surface F est de mesure nulle par rapport à la classe E, or $\text{mes}\,\Gamma = \text{o}(E)$, si E ne contient que l élément $\varphi = 0$.

2. Je considère les classes particulières E_1, E_2, E_3 et E_4. Chacune contient les différentielles $\varphi\,dz$ analytiques et uniformes sur F, satisfaisant aux conditions supplémentaires suivantes respectivement :

E_1. L'intégrale $D(\varphi) = \iint_F |\varphi|^2\,dx\,dy$ est finie et la partie réelle de l'intégrale $\Phi = \int \varphi\,dz$ est uniforme.

E_2. $D(\varphi) < \infty$ et Φ est uniforme.

E_3. La partie réelle de Φ est uniforme et bornée.

E_4. Φ est uniforme et bornée.

Il est évident que $E_1 \supset E_2$ et $E_3 \supset E_4$.

Ces définitions posées, désignons par C_ν ($\nu = 1, \ldots, 4$) la classe des surfaces F pour lesquelles mes $\Gamma = \text{o}(E_\nu)$. On a donc $C_1 \subset C_2$ et $C_3 \subset C_4$. On sait que la classe C_2 est effectivement plus large que C_1 et C_4 plus large que C_3.

3. Soit P l'ensemble des surfaces F dont les frontières sont de mesure harmonique (capacité logarithmique) nulle (surfaces paraboliques). On sait qu'une telle surface appartient aux classes C_1 et C_3, donc aussi à la classe $C_1C_2C_3C_4$. En particulier, si l'on se borne aux surfaces de genre p fini, on a $P = C_1 = C_3$; je ne sais pas si ceci reste vrai pour $p = \infty$.

4. Soit maintenant F une surface de type hyperbolique H, mes harm $\Gamma > 0$. Dans ce cas, F admet une fonction de Green $g(z, z_0)$, z_0 désignant le pôle. Les lignes $\Gamma_\rho : g = \rho\,(> 0)$ se composent d'un nombre fini de courbes fermées Γ_ρ^i, $\Gamma_\rho = \Sigma\Gamma_\rho^i$. Soit $h^i(\rho)$ la mesure harmonique de Γ_ρ^i en $z = z_0$, par rapport au domaine $g \geqq \rho$; on a $\Sigma h^i = 1$. Désignons par $h(\rho)$ le maximum de ces valeurs $h^i(\rho)$, $0 < h(\rho) \leqq 1$.

En posant

$$\alpha(\rho) = \int_\rho \frac{dt}{h(t)}, \tag{1}$$

on peut affirmer que *la surface* $F \subset C_4$ *si l'intégrale*

$$\int_0 e^{4\alpha(\rho)}\,d\rho \tag{2}$$

diverge.

La divergence de (2) entraîne évidemment celle de (1) pour $\rho \to 0$. Or, il résulte d'un théorème général de M. Sario ([1]) que $F \subset C_2$ si (1) diverge. Donc si, pour une surface F de type hyperbolique, l'intégrale (2) est divergente, on

([1]) *Annal. Acad. Sc. Fenn.*, Séries A. I., n : 050, 1948.

a nécessairement $F \subset C_2 C_4$. Comme on sait, il y a des surfaces hyperboliques, même de genre nul, qui sont de la classe C_2, sans appartenir à C_4 [Ahlfors ([2]) et Sario, *loc. cit.*]. Donc, pour une telle surface l'intégrale (2) converge, même si $\alpha(0) = \infty$. Il reste à décider si la relation $C_2 \supset C_4$ est valide ou non.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Exemples de processus pseudo-markoviens.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

L'objet de la présente Note est d'attirer l'attention sur le fait suivant : *il existe des processus,* que nous proposons d'appeler *pseudo-markoviens, qui vérifient l'équation de Chapman-Kolmogoroff sans être de Markoff.*

Soit $X(t)$ une fonction aléatoire. Supposant $t_0 < t_1 < \ldots < t_h < t$, désignons par $F(t_0, t_1, \ldots, t_h, t; x_0, x_1, \ldots, x_h, x)$ la probabilité de $X(t) < x$ sous les conditions $X(t_i) = x_i (i = 0, 1, \ldots, h)$, et par $G(t_0, \ldots, x)$ la probabilité analogue relative au cas où l'on suppose de plus $X(\tau)$ connu dans tout l'intervalle $(-\infty, t_0)$. On a en tout cas

$$(1) \qquad F(t_0, t; x_0, x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(t_0, t_1, t; x_0, \xi, x)\, d_\xi F(t_0, t_1; x_0, \xi).$$

Pour un processus de Markoff, par définition, on a

$$(2) \qquad G(t_0, t; x_0, x) = F(t_0, t; x_0, x).$$

On en déduit que

$$(3) \qquad F(t_0, t_1, t; x_0, x_1, x) = F(t_1, t; x_1, x),$$

et que l'équation (1) prend la forme de Chapman-Kolmogoroff

$$(4) \qquad F(t_0, t; x_0, x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(t_1, t; \xi, x)\, d_\xi F(t_0, t_1; x_0, \xi).$$

Mais *la réciproque n'est pas vraie :* (4) n'entraîne ni (2), ni même (3). Cela est à peu près évident, car la fonction $F(t_0, t; x_0, x)$ ne suffit pas à définir un processus, si l'on ne suppose pas qu'il soit de Markoff. Un exemple précis peut tout de même être utile.

Considérons d'abord une suite de variables aléatoires X_n, comprises entre 0 et 2π, constituant une chaîne stationnaire et double, et prenons pour la loi à trois variables $X_{n-1} = x$, $X_n = y$, $X_{n+1} = z$ la loi absolument continue, définie par la densité de probabilité

$$(5) \qquad \frac{1}{8\pi^3}[1 - \cos(2z - x - y)].$$

On en déduit les densités de probabilité suivantes :

([2]) *Duke Journ.*, 14, 1947.

pour $X_0X_1X_2X_3$

$$\frac{1}{16\pi^4}[1-\cos(2x_2-x_0-x_1)]\,[1-\cos(2x_3-x_1-x_2)];$$

pour $X_0X_2X_3$

$$\frac{1}{8\pi^3}\left[1+\frac{1}{2}\cos(2x_3+x_0-3x_2)\right];$$

pour $X_0X_2X_3X_4$

$$\frac{1}{16\pi^4}\left[1+\frac{1}{2}\cos(2x_3+x_0-3x_2)\right][1-\cos(2x_4-x_2-x_3)];$$

pour $X_0X_3X_4$

$$\frac{1}{8\pi^3}.$$

Donc, si $p>4$, X_p, qui ne peut dépendre de X_0 que par l'intermédiaire de X_3X_4, n'en dépend pas; il en est de même de X_1, X_2, X_3, X_4. Donc, pour tout $p>0$, la loi à deux variables X_0 et X_p, qui est aussi la loi à deux variables X_n et X_{n+p}, est la même que pour la chaîne de Markoff obtenue en supposant tous les X_n uniformément répartis et indépendants les uns des autres. La probabilité de passage est donc aussi la même et vérifie l'équation (4), bien que la chaîne étudiée ne soit pas markovienne ([1]).

Considérons maintenant une fonction aléatoire $X(t)$ de la variable continue t, dont les valeurs successives sont les X_n que nous venons de définir, les instants des sauts étant définis comme pour le processus lié à la loi de Poisson. Cette fonction n'est évidemment pas markovienne. Or la probabilité de passage de $X(t_0)$ à $X(t)\,(t>t_0)$ est définie comme suit : on a

$$\Pr\{X(t)=X(t_0)\}=e^{t_0-t},$$

([1]) La suite aléatoire étudiée n'est bien entendu qu'une de celles que l'on peut déduire, en se donnant pour X_0 et X_1 une loi à deux variables quelconque, de la relation de récurrence (où $0\leq z<2\pi$)

$$(6)\qquad \Pr\left\{X_{n+1}<z/X_{n-1}=x,\ X_n=y\right\}=\frac{1}{4\pi}[2z-\sin(2z-x-y)-\sin(x+y)].$$

Dans le cas général, X_n et X_{n+1} ne sont pas indépendants. Pour $n>3$, on a pour ces deux variables une loi absolument continue, de densité de probabilité

$$\frac{1}{4\pi^2}\left[1-\left(-\frac{1}{2}\right)^{n-1}\mathrm{E}\left\{\cos(x_n+2x_{n+1}-X_0-2X_1)\right\}\right].$$

Malgré cette différence, il y a répartition uniforme de la probabilité de X_n (pour $n>2$), et indépendance de X_n et X_{n+2} pour $n>0$). La relation de Chapman subsiste entre X_h, X_k et X_l $(0<h<k<l)$. On peut donc dire que : *la relation (6) définit un processus pseudo-markovien, dont on peut déduire une infinité de fonctions aléatoires de l'entier $n\geq 0$, qui sont toutes pseudo-markoviennes à partir de $n=1$.*

le reste de la probabilité étant uniformément réparti dans $(0,2\pi)$. La probabilité de passage est donc la même que pour le processus de Markoff obtenu en supposant tous les X_n indépendants et vérifie l'équation (4) ([2]).

ÉLASTICITÉ. — *Choc longitudinal d'une barre prismatique.*
Note de M. **Henri Pailloux**, présentée par M. Jean Chazy.

Soit une barre (ou un ressort) homogène, de densité cubique ρ, de section A, de module d'élasticité E, dont une extrémité, $x=0$, reste fixe. A l'instant initial, une masse m, animée de la vitesse algébrique V vient s'incruster à l'autre extrémité, $x=1$. Le mouvement ultérieur a été étudié par Navier, Saint-Venant, Boussinesq ([1]). Nous nous proposons de donner ici la solution rigoureuse au moyen de la somme d'une série.

Soient $u(x,t)$ le déplacement de la tranche d'abscisse x à l'intant t, et $S(x, t)$ la tension. Le problème consiste à trouver la solution de l'équation des ondes

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=a^2\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \qquad a^2=\frac{E}{\rho},$$

satisfaisant aux conditions initiales et aux conditions aux limites

$$u(x,0)=0 \quad \text{pour} \quad 0\leqq x\leqq 1,$$

$$\left.\frac{\partial u}{\partial t}\right|_{t=0}=0 \quad \text{pour} \quad 0\leqq x<1 \quad \text{et V pour } x=1;$$

$$u(0,t)=0, \qquad -S(1,t)=m\frac{\partial^2 u(1,t)}{\partial t^2}.$$

La méthode classique consiste à chercher des solutions particulières qui soient chacune le produit d'une fonction de x par une fonction de t, sans tenir compte des conditions initiales, mais en satisfaisant rigoureusement aux conditions aux extrémités. On obtient ainsi une solution de la forme

$$u(x,t)=\sum_{n=+1}^{+\infty}(A_n\cos\alpha_n at+B_n\sin\alpha_n at)\sin\alpha_n x:$$

A_n et B_n sont des constantes à déterminer par les conditions initiales, et α_n est

([2]) Je profite de la présente Note pour signaler deux erreurs dans mon récent livre (*Processus stochastiques et mouvement brownien*, Paris, 1948) sur lesquelles M. R. Fortet a attiré mon attention. A la page 96, la remarque des lignes 5 à 7 est inexacte, ainsi que la conséquence qui en est déduite aux lignes 14 à 17. D'autre part dans l'énoncé du théorème de A. Kolmogoroff 21.2 (p. 88), j'ai oublié de préciser que la fonction $\psi(t)$ devait être supposée non décroissante; dans le rappel de ce théorème avec d'autres notations (p. 244, fin du 2°), c'est $\Phi(t)/\sqrt{t}$, et non $\Phi(t)$, qu'il faut supposer non décroissant.

([1]) *Cf.* Timoshenko, *Théorie des vibrations*, 2e édit., p. 407.

la $n^{\text{ième}}$ racine positive de l'équation

$$(1) \qquad \alpha \operatorname{tg} \alpha = k,$$

k désignant le rapport de la masse de la barre à la masse m. La condition $u(x, 0) = 0$, soit

$$\Sigma A_n' \sin \alpha_n x = 0 \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq x \leqq 1,$$

montre que les A_n sont tous nuls. La connaissance de la vitesse initiale fournit les deux relations

$$(2) \qquad \Sigma B_n \alpha_n \sin \alpha_n x = 0 \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq x < 1$$

et

$$(3) \qquad \Sigma B_n \alpha_n \sin \alpha_n = \frac{V}{a}.$$

Pour calculer les B_n, nous partons des relations

$$\int_0^1 \sin^2 \alpha x \, dx = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\sin 2\alpha}{2\alpha}\right), \qquad \int_0^1 \sin \alpha x \sin \beta x \, dx = -\frac{1}{k} \sin \alpha \sin \beta,$$

α et β désignant deux racines distinctes de l'équation (1). Si nous multiplions les deux membres de la relation (2) par $\sin \alpha_m x$, et si nous intégrons entre 0 et $1 - \varepsilon$, et faisons tendre ε vers zéro, nous obtenons

$$4 \sin \alpha_m \Sigma' B_n \alpha_n \sin \alpha_n = k B_m (2\alpha_m - \sin 2\alpha_m),$$

où la somme est étendue à toutes les valeurs de n sauf m, et peut être évaluée au moyen de la relation (3). On déduit

$$u(x, t) = \frac{4V}{ka} \sum \frac{\sin \alpha}{2\alpha + \sin 2\alpha} \sin \alpha a t \sin \alpha x,$$

où la somme est étendue à toutes les racines positives de l'équation (1).

Il est intéressant d'introduire la fonction

$$\varphi(\lambda) = \sum \frac{\sin \alpha \lambda}{2\alpha + \sin 2\alpha},$$

car on obtient ainsi

$$u(x, t) = \frac{V}{ka} [\varphi(-1 + x + at) + \varphi(1 - x + at) + \varphi(1 + x - at) - \varphi(1 + x + at)],$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = V [\varphi(-1 + x + at) - \varphi(1 - x + at) + \varphi(1 + x - at) + \varphi(1 + x + at)],$$

$$S = \frac{AEV}{a} [\varphi(-1 + x + at) + \varphi(1 - x + at) - \varphi(1 + x - at) + \varphi(1 + x + at)].$$

On peut établir que la série $\varphi(\lambda)$ converge quel que soit λ réel, en montrant que la somme $\Sigma \sin \alpha_n \lambda$ calculée de $n = 1$ à $n = N$ reste bornée quand N augmente indéfiniment. Réciproquement, Lefranc a établi à l'aide des procédés

sommatoires du calcul des résidus que l'on a

$$\sum \frac{\cos\alpha \sin\alpha x}{2\alpha + \sin 2\alpha} = 0 \quad \text{pour} \quad 0 \leq x < 1, \quad \text{et} \quad \frac{1}{4} \quad \text{pour} \quad x = 1.$$

A l'extrémité $x = 1$, nous avons en particulier pour la vitesse et la tension

$$V(1, t) = V[\varphi(at + 2) - \varphi(at - 2)],$$

$$T = S(1, t) = \frac{AEV}{a}[\varphi(at + 2) + 2\varphi(at) + \varphi(at - 2)].$$

Dans le cas du choc avec rebondissement, le contact de la masse m avec la barre cesse à l'instant où T s'annule pour la première fois. Mais on peut imaginer l'introduction d'une liaison à l'instant initial, maintenant le contact un certain temps, jusqu'à une autre racine de l'équation $T(t) = 0$. La vitesse de la masse m doit se modifier en conséquence, mais la première racine ne paraît pas pouvoir être discernée facilement pour connaître la vitesse finale avec laquelle s'éloigne la masse m après le choc.

Il est possible, au moyen de la fonction $\varphi(\lambda)$, de donner la solution du problème de choc quand les conditions initiales sont quelconques.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Solution plus complète du problème de Blasius.* (*Écoulement laminaire le long d'un plan mince*). Note (*) de M. **Robert Legendre**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Les approximations faites par Blasius pour l'étude de l'écoulement laminaire le long d'un plan mince ramènent le problème à l'étude d'une équation différentielle et conduisent à une distribution de la composante de la vitesse parallèle au plan mince, invariable à l'échelle des ordonnées près.

Nous renoncerons ici à simplifier les équations mais en nous bornant à représenter la solution par un développement limité dont le premier terme correspond à la solution de Blasius.

2. Nous avons jugé commode de substituer aux équations de l'écoulement plan permanent des fluides visqueux l'équation unique

$$\varphi''_{z^2} - i\psi''_{z^2} - \frac{1}{2}\psi'^2_z = 0,$$

où φ et ψ sont des fonctions réelles des deux variables

$$z = x + iy, \qquad \bar{z} = x - iy;$$

x et y sont les coordonnées rectangulaires et ν la viscosité cinématique. La fonction $\nu\psi$ est la fonction de courant qui détermine la vitesse

$$u + iv = -2i\nu\psi'_{\bar{z}}.$$

(*) Séance du 13 juin 1949.

Nous dirons que $\nu^2\varphi$ est la fonction de pression totale

$$\frac{p}{\rho}+\frac{V^2}{2}=\nu^2\Delta\varphi+\text{const.}=4\nu^2\varphi''_{z\bar z}+\text{const.}$$

Les avantages de l'équation proposée sur celle qui est relative à la fonction de courant et qui s'en déduit par élimination de φ, sont les suivants :

a. Elle ne contient que trois termes.

b. Son ordre est de 2 au lieu de 4.

On peut encore simplifier l'écriture en posant $F=\varphi+i\psi$; on a

$$8F''_{\bar z^2}+\left(F'_{\bar z}-\bar F'_{\bar z}\right)^2=0,$$

3. Dans le cas de l'écoulement permanent le long du plan mince Ox il est indiqué d'utiliser le champ des paraboles

$$z=x+iy=LR^2=L(\eta+i\xi)^2,$$

où L est une longueur arbitraire. R et $\bar R$ sont les variables dans

$$8\bar R F''_{\bar R^2}-8F'_{\bar R}+\bar R\left(F'_{\bar R}-\bar F'_{\bar R}\right)^2=0.$$

L'étude des symétries et de l'allure à l'infini conduit à rechercher

$$F=-\sum_{p=0}^{p}\left(\frac{\eta}{i}\right)^{2-p}g_p(\xi),$$

et la substitution dans l'équation fournit la relation de récurrence

$$2[g''_p-2(2-p)g'_{p-1}+(1-p)(4-p)g_{p-2}-\xi g''_{p-1}+2(4-p)\xi g'_{p-2}-(4-p)(5-p)\xi g_{p-3}]$$
$$=\sum_{k=1}^{k=p+1}[g'_k-(3-k)g_{k-1}][g'_{2+p-k}-(1-p+k)g_{1+p-k}-\xi g'_{1+p-k}+(2-p+k)\xi g_{p-k}]$$

où les fonctions portant des indices positifs impairs sont seuls retenues au second membre.

4. Les deux premiers termes de F sont définis par

$$g'''_1+g_1g''_1=0,\qquad 4g_0=g_1^2+2g'_1.$$

La première relation est l'équation différentielle de Blasius, mais elle correspond à une variable différente et définit une solution valable même en amont du bord d'attaque, pourvu que η soit suffisamment grand, et qui ne devient équivalente à la solution de Blasius que si ξ est négligeable auprès de η car ξ est alors équivalent à la variable de Blasius.

La fonction g_0 conduit à une variation de pression dans la couche limite du second ordre et qui ne peut pas être retenue pour les approximations faites.

5. Les deux termes suivants de F sont définis par

$$(g'_3+g_1g_3)''-2g''_1g_3+(g_1-\xi g'_1)^2=0,$$
$$2g'_2=-g''_3+g'_1g_3-g_1g'_3+2g_1-2\xi g'_1+\xi^2g''_1+4\xi g_0-4\xi^2g'_0+\xi^2g_1g'_1.$$

La fonction g_3 peut être calculée par

$$g_3 = e^{-f}\int e^{f}\,d\xi\int d\xi\int[2\,e^{-f}g_3 - (f' - \xi f'')^2]\,d\xi,$$

où $f' = g_1$ satisfait à $f''' = e^{-f}$ pour un choix convenable de L et où des approximations successives de g_3 sont introduites au second membre.

La première approximation peut être $g_3 = -(3\,!/7\,!)\xi^7 e^{-f/3}$.

Les quatre premiers termes de F fournissant déjà une distribution de vitesse qui ne dépend plus de ξ seulement et une variation de pression dans la couche-limite.

6. La même méthode de substitution peut être utilisée pour l'étude du voisinage du bord d'attaque

$$F = \sum_{p=0}^{p}(i\eta)^p g_p(\xi),$$

mais elle laisse g_0 et g_1 à déterminer pour que les conditions aux limites soient satisfaites.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les dimensions des granules photosphériques au voisinage des taches solaires.* Note (*) de M. **Constantin Macris**, présentée par M. Bernard Lyot.

Dans une Note précédente [1] nous avons exposé les résultats obtenus, en étudiant un film cinématographique de M. Lyot sur les dimensions des grains photosphériques. Parmi les 325 grains mesurés, 70 se trouvaient exactement au voisinage de la pénombre d'une tache, tandis que les 255 autres étaient éloignés de toute tache.

Nous exposons ici les résultats de l'étude des différences, de diamètre moyen, entre ces deux groupes de granules.

Secchi [2] avait trouvé que les grains étaient plus grands autour des taches, alors que Chevalier [3] les trouva plus petits.

Nos mesures (tableau I) nous ont donné une valeur moyenne de 1″,254 pour les grains autour des taches et 1″,557 pour les autres.

Groupes.	Nombre des grains mesurés.	Diamètre moyen.	Écart quadratique moyen (σ).
I. Grains loin des taches	255	1″,56	0,339
II. Grains au voisinage des taches	70	1″,25	0,274

(*) Séance du 20 juin 1949.

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1792.

(2) *Le Soleil*.

(3) *Ann. Zô-Sé*, **8**, 1912, p. C1.

Séparément, les courbes de fréquences des grains de deux groupes, en fonction du diamètre, coïncident exactement avec une courbe de Gauss.

La différence des diamètres moyens de deux groupes, 0″,303, est du même ordre de grandeur que l'écart quadratique moyen (0″,339 pour le premier groupe et 0″,274 pour le second). Par conséquent il est difficile de savoir si cette différence est un effet du hasard ou bien si elle est attribuable à un phénomène physique réel.

Pour nous en assurer, nous avons utilisé le *test t* ([4]) de *student*. Celui-ci précise si les deux séries diffèrent d'une manière significative dans leurs moyennes, ou bien si elles doivent être regardées comme appartenant à la même population ([5]).

Nous avons trouvé $t = 6,8606$, avec un nombre de degrés de liberté égal à 323. Donc la probabilité pour que la différence de moyen de deux groupes soit due au hasard, est inférieure de 0,01 ($P \leqslant 0,01$).

Par conséquent il est très probable que cette différence est due à une cause systématique (différence significative).

Pour rechercher la cause de cette différence, on doit tenir compte de la petite vitesse de déplacement des grains ([6]) et de leur relativement courte durée de vie moyenne, eu égard aux grandes distances qu'ils devraient parcourir pour que soit changée la distribution générale de leurs diamètres.

Il semble donc peu probable que cette cause s'exerce après la naissance des grains.

Nous pensons que la présence de la tache (centre d'action) agit plutôt pendant la formation même des granules photosphériques.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la représentation empirique de la fonction source de la photosphère solaire*. Note de M. **Vladimir Kourganoff**, présentée par M. André Danjon.

La théorie générale des champs de rayonnement, en astrophysique, exige, pour de nombreuses applications, la connaissance de l'expression *analytique* de la fonction source monochromatique $B_\lambda(\tau_\lambda)$. Dans le cas du Soleil, on

---

([4]) R. A. Fischer, *Les méthodes statistiques* (*Presses. Univ.*, 1947, p. 113, 164).

([5])
$$t = \frac{\bar{x} - \bar{x}'}{s}\sqrt{\frac{(n_1+1)(n_2+1)}{n_1+n_2+2}}$$

où

$$s^2 = \frac{1}{n_1+n_2}\{S(x-\bar{x})^2 + S(x'-\bar{x}')^2\}$$

et

$$\bar{x} = \frac{1}{n_1+1}S(x), \qquad \bar{x}' = \frac{1}{n_2+1}S(x').$$

([6]) Note à paraître prochainement.

déduit celle-ci, depuis les travaux de Lundblad ([1]), des observations de l'intensité $I_\lambda(0, \mu)$ du rayonnement continu en différents points du disque solaire ([2]), ([3]).

En effet à toute fonction $B_\lambda(\tau_\lambda)$ correspond une *loi d'assombrissement* $I_\lambda(0, \mu)$ bien déterminée, par la formule

$$I_\lambda(0, \mu) = \int_0^\infty B_\lambda(\tau_\lambda)\, e^{-\frac{\tau_\lambda}{\mu}} \frac{d\tau_\lambda}{\mu}, \tag{1}$$

de telle sorte qu'en représentant par exemple $B_\lambda(\tau_\lambda)$ par un polynome du $n^{\text{ième}}$ degré en τ_λ, à coefficients indéterminés $A_{j\lambda}$, $I_\lambda(0, \mu)$ se présentera comme un polynome du $n^{\text{ième}}$ degré en μ, avec les mêmes coefficients $A_{j\lambda}$, qu'on pourra déterminer par la méthode des moindres carrés, en imposant aux $I_\lambda(0, \mu)$ calculés de représenter au mieux les $I_\lambda(0, \mu)$ observés ([2]).

En analysant le problème de près on constate cependant que, précisément, la *représentation* de $B_\lambda(\tau_\lambda)$ *par des polynomes,* que nous avons envisagée dans notre exemple, et qui a été utilisée dans les travaux cités plus haut, *n'est pas très satisfaisante.*

En effet, les observations de $I_\lambda(0,\mu)$ n'allant jamais jusqu'à l'extrême bord du disque (celles d'Abbot correspondent comme on le sait à $\mu \geqq 0,312$), on ne peut espérer en déduire $B_\lambda(\tau_\lambda)$ au voisinage immédiat de la surface, $\tau_\lambda = 0$, comme on le voit de façon particulièrement claire en utilisant les relations d'Eddington-Barbier ([4]), ([5]). Par contre, on peut s'attendre à ce que $B_\lambda(\tau_\lambda)$ soit assez bien déterminée par les observations au voisinage de $\tau_\lambda = 1$ et pour des valeurs légèrement supérieures, mais dans ce domaine les termes en τ_λ^2 et τ_λ^3, dont les coefficients sont assez mal déterminés, prennent une importance relative si grande que le résultat est malgré tout incertain. En d'autres termes la représentation par des polynomes est inadéquate juste dans le domaine le plus favorisé par les observations. De plus cette représentation se heurte à une objection d'ordre théorique assez grave : il lui correspond une représentation du flux $\mathcal{F}_\lambda(\tau_\lambda)$ qui s'écrit ([6]) :

$$\begin{aligned}\mathcal{F}_\lambda(\tau_\lambda) = {} & A_{0\lambda} 2K_3(\tau_\lambda) + A_{1\lambda}\left[\frac{4}{3} - 2K_4(\tau_\lambda)\right] \\ & + A_{2\lambda}\left[\frac{8}{3}\tau_\lambda + 4K_5(\tau_\lambda)\right] + A_{3\lambda}\left[\frac{24}{5} + 4\tau_\lambda^2 - 12K_6(\tau_\lambda)\right]\end{aligned} \tag{2}$$

et qui, pour les grandes valeurs de τ_λ augmente indéfiniment, alors que

(1) *Astrophysical Journal*, 58, 1923, p. 113.
(2) *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 69.
(3) *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 173.
(4) V. Kourganoff, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1931.
(5) D. S. Evans, *M. N.*, 107, 1947, p. 433.
(6) V. Kourganoff, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 491, formule (3).

l'hypothèse de l'équilibre radiatif exige que $\int \mathcal{F}_\lambda \, d\lambda = F$ soit constante et par suite $\mathcal{F}_\lambda$ bornée.

C'est pourquoi nous avons recherché et trouvé une autre représentation empirique de $B_\lambda(\tau_\lambda)$, qui non seulement échappe aux objections ci-dessus, mais possède en outre l'avantage de représenter les observations actuelles avec des résidus généralement légèrement inférieurs à ceux donnés par les polynomes, à nombre égal de constantes arbitraires.

Nous posons

$$(3) \qquad B_\lambda(\tau_\lambda) = A_{0\lambda} + A_{1\lambda}\tau_\lambda + A_{2\lambda}K_2(\tau_\lambda) + A_{3\lambda}K_3(\tau_\lambda).$$

A cette représentation correspond

$$(4) \quad I_\lambda(0, \mu) = A_{0\lambda} + A_{1\lambda}\mu + A_{2\lambda}\left[1 - \mu \log_e\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\right] + A_{3\lambda}\left[\frac{1}{2} - \mu + \mu^2 \log_e\left(1 + \frac{1}{\mu}\right)\right],$$

et un flux facile à calculer ([7]), qui, pour les grands τ_λ, tend vers $(4/3)A_{1\lambda}$.

Le tableau ci-dessous donne les résultats numériques pour les observations d'Abbot. La température superficielle T_0 ne pouvant être déterminée par les observations avec assez de précision, nous avons choisi celle de 4900°, qui correspond à la moyenne des valeurs trouvées pour les différents λ au moyen de (3) et qui concorde avec celle trouvée par Barbier ([3]) au moyen de polynomes. D'ailleurs nous avons vérifié, en faisant varier T_0 de 4500 à 5700°, que le choix de T_0 n'a d'influence que pour $\tau_\lambda \leq 0{,}1$, et que les fonctions $B_\lambda(\tau_\lambda)$ correspondant aux différents T_0 cités coïncident pratiquement pour $\tau_\lambda > 0{,}1$. Les deux dernières colonnes représentent les résidus moyens ρ laissés par les polynomes à quatre constantes ([3]) et ceux ρ′ laissés par la formule (3).

λ Å.	$A'_{0\lambda}$.	$A'_{1\lambda}$.	$A'_{2\lambda}$.	$-A'_{3\lambda}$.	$10^4\rho$.	$10^4\rho'$.
4560	7231	5425	8800	27729	25	28
4810	7447	5062	7187	24422	31	20
5010	7196	5009	5728	20576	32	28
5062	7886	4627	6216	22827	13	23
5340	7339	4716	4613	17977	29	28
5955	9299	3420	5963	23534	11	8
6040	8401	3844	4757	19193	22	16
6700	9975	2836	6644	25136	32	26
6990	10322	2609	7550	27220	20	27
8580	10927	1785	6865	24938	6	10
10080	11303	1436	7320	25814	9	9
12250	11039	1295	2553	16137	31	18
16550	9963	1150	−8794	−8192	43	21
20970	10312	867	−6447	−4128	28	15

([7]) V. Kourganoff, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 958.

Dans ce tableau nous avons posé, pour abréger l'écriture : $A'_{j\lambda} = 10^4 A_{j\lambda}/I_\lambda(0,1)$, où $I_\lambda(0,1)$ est emprunté à Mulders (²).

La valeur moyenne de ρ est de 0,0024, celle de ρ' est de 0,0020.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Concept interférentiel des images optiques mobiles dans la théorie de la relativité.* Note (*) de M. **Emmanuel Risco**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. Considérons une source monochromatique ponctuelle qui soit placée devant un système optique et en un point P pour lequel le système est rigoureusement stigmatique. Au point conjugué P· existera donc une image de nature interférentielle.

Si la source, au lieu d'être fixe, se meut en ligne droite à une vitesse constante, elle émettra, et en particulier à son passage par P, un faisceau de rayons caractérisé, selon l'effet Doppler, par une distribution déterminée de longueurs d'onde. En supposant réalisé l'achromatisme adéquat du système, tous les rayons qui partent de P continueront à se réunir au point P·, mais la multiplicité de leurs longueurs d'onde y empêche la formation d'une image interférentielle en repos. Cependant, si certaines conditions optiques sont remplies, tous les rayons du faisceau émergent récupèrent une longueur d'onde commune pour un observateur relativiste qui se déplace avec une vitesse de direction et de grandeur convenablement choisies. Pour cet observateur le phénomène d'interférences réapparaît et l'image se présente au repos dans le référentiel qu'il utilise. L'étude des images mobiles consistera donc dans l'application d'une transformation de Lorentz à la recherche des conditions optiques et d'observation qui soient indispensables pour que tous les rayons qui parviennent au point-image lui communiquent une même fréquence (fréquence propre). D'après ce procédé nous arrivons, pour les systèmes centrés, aux résultats suivants :

II. Dans le cas où la source ponctuelle se déplace avec une vitesse constante v_a, que nous prendrons ici comme positive, sur un élément axial qui contienne un point stigmatique, la condition nécessaire pour l'obtention d'une image correcte, en employant un faisceau de grande ouverture, est

$$\frac{\sin\frac{u^{\cdot}}{2}}{\sin\frac{u}{2}} = \sqrt{\frac{v_a(c - v^{\cdot}_a)}{v^{\cdot}_a(c - v_a)}} = \text{const.}, \tag{1}$$

où $v^{\cdot}_a$ désigne la vitesse de l'image (vitesse aussi positive) et u, $u^{\cdot}$ les angles d'inclinaison d'un rayon incident et de son conjugué. On trouve donc, quoique

(*) Séance du 20 juin 1949.

sous un aspect cinématique, la même relation de Herschell. La fréquence propre du point-image est

$$\nu' = \nu_0 \sqrt{\frac{(c + v_a)(c - v'_a)}{(c - v_a)(c + v'_a)}}, \tag{2}$$

en appelant ν_0 la fréquence de la source.

III. Si nous nous tenons à la première approximation de Gauss pour lever la restriction que nous nous étions imposée de n'employer que des points axiaux rigoureusement stigmatiques, les formules précédentes conduisent à maints résultats qui peuvent servir d'appui à la méthode proposée pour l'étude relativiste et interférentielle de la formation des images mobiles.

Faisons parcourir l'axe du système à une source monochromatique ponctuelle venant de l'infini, et analysons les changements de vitesse et de fréquence de l'image correspondante.

L'équation (1) s'écrit maintenant

$$\frac{1}{v'_a} = \frac{1}{c} + \frac{1}{G^2}\left(\frac{1}{v_a} - \frac{1}{c}\right), \tag{3}$$

où G représente le grossissement latéral correspondant à la position momentanée que l'on attribue à la source.

Soulignons que la vitesse v_a de la source étant forcément inférieure à c, l'équation (3) impose à l'image la même limitation relativiste $v'_a < c$, quel que soit le grossissement G; c'est-à-dire indépendamment de la position instantanée de la source. En conséquence, l'expression (2) qui donne la fréquence propre du point-image maintient toujours une valeur réelle.

De la discussion des formules (2) et (3) il résulte :

a. Quand la source mobile est à l'infini, $G = 0$, d'où $v'_a = 0$. L'image (au foyer principal) est au repos et sa fréquence, qui vaut selon (2)

$$\nu_0 \sqrt{\frac{c + v_a}{c - v_a}},$$

n'est autre que celle correspondant à une observation ordinaire de l'effet Doppler lorsqu'on emploie une vitesse radiale.

b. Quand la source traverse un plan principal ($G = \pm 1$), l'image produite a la même vitesse et la même fréquence que le point-source :

$$v'_a = v_a, \qquad \nu' = \nu_0.$$

c. Quand la source s'approche du foyer-principal-objet, son image, s'éloignant à l'infini, tend à acquérir précisément la vitesse c et une fréquence propre égale à zéro. Les équations (3) et (2) donnent en effet pour $G = \infty$, $v'_a = c$, $\nu' = 0$.

Ces valeurs sont en bon accord avec la conception du photon comme corpuscule qui aurait une masse nulle au repos. Aucune difficulté ne se présente

évidemment pour appliquer cette idée aux rayons qui sortant de l'appareil parallèlement à l'axe, intègrent un faisceau dans lequel la longueur d'onde, loin d'être constante, varie avec la distance du rayon lumineux à l'axe.

IV. Revenant à l'emploi de faisceaux très ouverts, et pour une source (vitesse v_n) qui traverse perpendiculairement l'axe, le coupant en un point pour lequel le système est stigmatique, on trouve comme expressions de la condition d'Abbe et de la fréquence propre du point-image

$$\frac{\sin u'}{\sin u} = \frac{v_n}{v'_n} = \text{const.}, \qquad \nu' = \nu_0 \sqrt{\frac{c^2 - v_n^2}{c^2 - v_n'^2}}.$$

L'image ne peut donc avoir une existence réelle que si sa vitesse et la vitesse de la source sont, toutes les deux, inférieures à c.

SPECTROSCOPIE. — *Influence de la pression sur la composition du spectre de phosphorescence de la molécule d'hélium.* Note (*) de M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que les gaz rares, préalablement excités par une décharge électrique, émettent des raies d'arc intenses, après la rupture du courant. Cette émission résulte de la recombinaison radiative des ions atomiques et des électrons. Dans le cas du krypton et du xénon, outre ce spectre de raies, on observe, pendant la décharge, une émission continue intense qui disparaît immédiatement après la rupture pour les pressions de l'ordre de quelques millimètres de mercure ([1]). Sous pression suffisamment faible, on constate, en phosphorescence, une augmentation de l'intensité relative des raies à niveaux élevés, conformément à la théorie. Lorsque la pression augmente, on trouve de nouvelles modifications qui ont été attribuées, pour le Ne, Kr et Xe à la formation d'ions complexes ([2]). Toutefois, pour ces gaz, on n'a pas observé jusqu'ici de spectres moléculaires discrets. A cet égard, l'hélium constitue une exception; on connaît, en effet, un spectre moléculaire bien développé composé de nombreuses transitions électroniques.

La phosphorescence de l'hélium est intense seulement lorsque ce gaz est suffisamment pur. Pour des pressions de l'ordre de quelques centièmes à

(*) Séance du 8 juin 1949.

([1]) Lorsque la pression augmente jusqu'à 10 ou 15 kg/cm², la durée de la phosphorescence devient extrêmement courte, inférieure à 10^{-5} seconde, et il n'est plus possible de la photographier avec le phosphoroscope de P. Lejay (*Comptes rendus*, 220, 1945, p. 69). En même temps, l'intensité relative du spectre continu, émis pendant la décharge, augmente considérablement. Ces propriétés sont particulièrement favorables pour la production d'éclairs lumineux de durée inférieure à 10^{-6} seconde.

([2]) L. et R. Herman, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 654; L. Herman, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 622; 225, 1947, p. 112.

quelques dizièmes de millimètre de mercure, on observe, après la rupture des oscillations électriques, dans le spectre d'arc, des modifications déjà connues. Dans chaque série spectrale, l'intensité relative des raies à termes élevés augmente. Ces modifications ont lieu aussi bien dans le spectre de l'orthohélium que dans celui du parhélium, et il en résulte de notables changements du rapport des intensités de certaines raies de multiplicités différentes.

Lorsque la pression croît et atteint le millimètre de mercure, on voit apparaître le spectre bien connu de He_2 en décharge et en phosphorescence. Ce spectre est remarquable par son comportement différent de celui de HeI. Ce dernier est fortement excité pendant la décharge de haute fréquence employée et, au moment de l'arrêt de l'excitation, l'intensité de nombreuses raies atomiques diminue notablement. Par contre, le spectre moléculaire ne subit souvent pas de modification d'intensité après l'arrêt de la décharge. Ceci est une preuve expérimentale que l'émission de He_2 ne s'effectue pas par excitation électronique de la molécule au niveau fondamental, mais par un processus indirect. Très probablement, un ion He_2 résulte de la rencontre d'un atome $He(1s^2\,1\,S_0)$ au niveau fondamental et d'un ion $He^+(1s^2\,S_{1/2})$ non excité. L'ion moléculaire $He_2^+(^2\Sigma_u^+)$ ainsi formé se recombine avec un électron. Cette recombinaison est accompagnée de l'émission de l'ensemble du spectre de la molécule neutre.

Ce schéma simple ne suffit pas à expliquer toutes les observations. Lorsque l'on augmente à nouveau la pression du gaz, la distribution d'intensité des diverses transitions électroniques et de vibration de la molécule se modifie. La faible dispersion utilisée, jointe à la complexité de ce spectre, rendent incertaines les identifications des bandes individuelles. Il semble, toutefois, que l'intensité des bandes de l'orthohélium ayant une configuration $1s\sigma^2\,2p\sigma ms$ (ou md ou mp) au niveau supérieur augmente avec la pression lorsque m croît. Cette évolution ressemble à celle observée dans le spectre d'arc lorsque la vitesse des électrons diminue après la rupture de la décharge. Mais ces modifications ne sont pas importantes et se trouvent masquées par celles provenant de la variation de la température apparente de vibration à l'intérieur des systèmes. Cette dernière apparaît très importante lorsqu'on examine l'évolution avec le temps du spectre de phosphorescence sous pression élevée. Une comparaison a été faite, pour une pression de 10 millimètres de mercure, entre le spectre de phosphorescence émis immédiatement après la rupture de la décharge et $2,5.10^{-3}$ seconde plus tard. Pendant ce temps, l'intensité a diminué dans le rouge et augmenté dans le vert et bleu. Les bandes 3926 $(2s\sigma - 4p\pi)$ (0,1); 4228 $(2p\pi - 4s\sigma)$ (1,0); 4270 $(2p\pi - 5d\delta)$ (1,0); 4360 $(2s\sigma - 4p\sigma)$ (0,0); 4772 $(2p\pi - 4d\delta)$ (1,2); se trouvent exaltées. Par contre, l'intensité des bandes 5449 $(2p\pi - 3d\sigma)$ (0,1); 5951 $(2p\pi - 3d\sigma)$ (0,0); 5730 $(2p\pi - 3d\delta)$ (0,0); 5881 $(2p\pi - 3d\pi)$ (0,0) diminue.

En dehors des modifications dans la distribution d'intensité des divers

systèmes de bandes, on assiste, pour certaines transitions électroniques, à une augmentation apparente de la température de vibration. Ceci est particulièrement marqué pour les bandes de la transition ($2p\pi$-$3d\pi$) de l'orthohélium. Au début de la phosphorescence, la bande 5881 ($2p\pi$-$3d\pi$) (0,0) est de beaucoup la plus intense. $2,5.10^{-3}$ seconde plus tard, la bande ($2p\pi$-$3d\pi$)(1,0) est devenue plus intense que 5881 ; la bande 4964 ($2p\pi$-$3d\pi$)(2,0) a également augmenté d'intensité. Un phénomène semblable a déjà été trouvé dans le cas des bandes du deuxième système positif de N_2 et des bandes de Swan de C_2 [3]. Il témoigne qu'une molécule peut être formée dans un état de vibration élevé par choc entre deux atomes. L'émission qui résulte du passage vers l'état électronique inférieur s'effectue avant que l'équilibre thermique soit atteint.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur les compteurs Geiger-Müller à cathode externe.* Note (*) de MM. **Daniel Blanc** et **Maurice Schérer**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

La construction du compteur Geiger-Müller, telle que Maze l'a préconisée [1], est économique et rapide : ce compteur est constitué par un cylindre de verre blanc, terminé par un queusot axial, et dont la surface externe recouverte de graphite sert de cathode. Le fil central est prolongé par un fil de nylon isolant noué sur une petite pièce de cuivre pliée en U. Cette pièce vient buter contre un épaississement du queusot, de façon à ce que le fil, qui est soudé au verre à son autre extrémité, se trouve tendu. Son rendement est excellent dans les études sur le rayonnement cosmique ; cependant, dans certaines applications, sa longueur efficace nous a semblé insuffisamment définie. Pour l'une de ces applications, nous avons éprouvé la nécessité de modifier la longueur effective du compteur; au cours de cette modification, nous avons constaté que son fil isolé peut provoquer des perturbations gênantes.

Pour faire varier la longueur du compteur, nous avons modifié la longueur CD du graphitage externe (*fig.* 1), AB étant graphité et BC soigneusement paraffiné. La courbe de la figure 3 représente, pour une surtension fixée, AB étant au sol comme CD, le nombre d'impulsions par minute en fonction de la longueur CD de la cathode; on voit que dans ces conditions la longueur efficace est mal définie. Il subsiste des impulsions parasites même lorsque cette longueur est nulle.

Pour remédier à ces inconvénients, nous avons apporté la modification qui

---

(3) G. Herzberg, *Physical Review*, 70, 1946, p. 762; R. Herman, *Journal de Physique*, 8e série, 6, 1945, p. 308.

(*) Séance du 13 juin 1949.

(1) R. Maze, *Journal de Physique*, 8e série, 7, 1946, p. 164-166.

suit; pour supprimer le champ électrique dans les régions terminales du fil, le compteur a la disposition de la figure 2 : les deux extrémités graphitées AB et EF sont portées à la tension du fil, la région intermédiaire CD restant à la

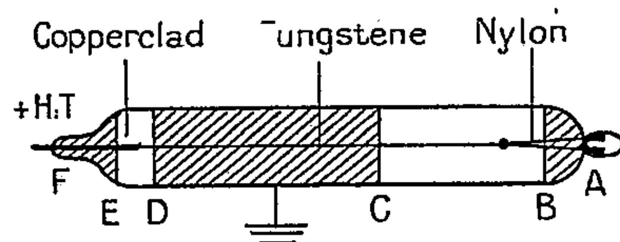


Fig. 1.

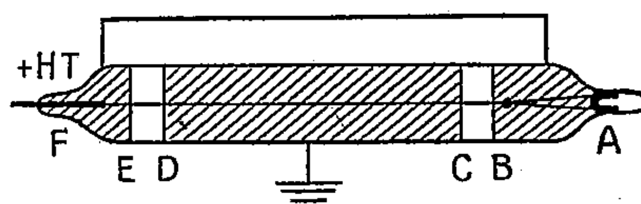


Fig. 2.

masse. Les perturbations possibles des extrémités du fil métallique sont ainsi éliminées. Les intervalles BC et ED sont paraffinés. Les avantages de ce dispositif sont, en ce qui concerne la longueur efficace et la qualité du palier :

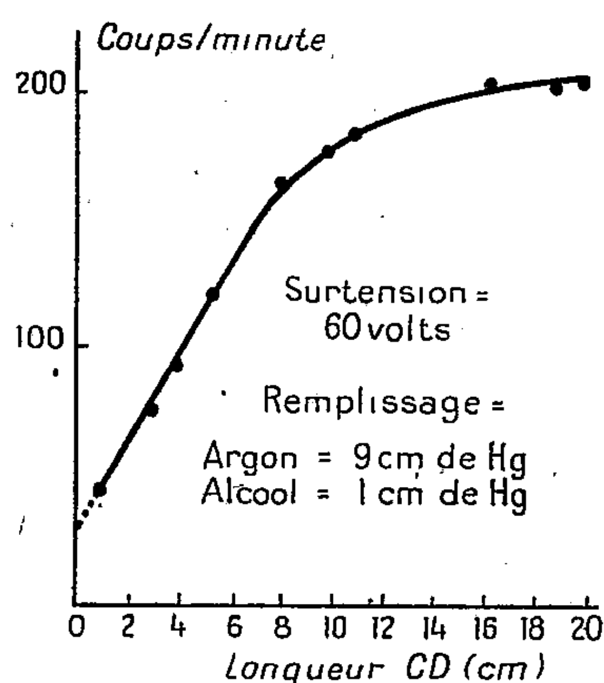


Fig. 3.

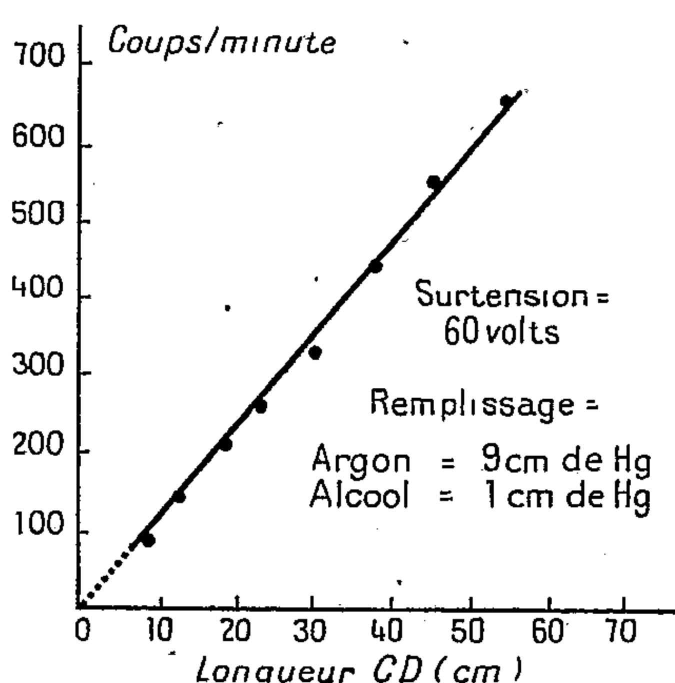


Fig. 4.

a. Longueur efficace. — La courbe du taux de comptage en fonction de la longueur de CD, pour une surtension constante, est une droite passant par l'origine (*fig.* 4). La longueur efficace coïncide donc avec CD, elle est parfaitement définie; on a pu constater aussi que le seuil de Geiger s'élève quand le rapport de la longueur CD au diamètre du cylindre diminue, résultat identique à celui obtenu par d'autres auteurs avec des compteurs à cathode métallique [2].

b. Palier. — Celui-ci, déjà très bon dans le compteur habituel, est allongé de 50 à 100 %, la pente devient plus faible et le passage à la décharge continue est moins rapide. Des compteurs argon-alcool et argon-méthane furent étudiés; leur longueur allait de 20^{cm} à 1^{m}, leur diamètre, de 0,9 à $3^{cm},5$. Il y a amélio-

(2) M. Peyrou nous a communiqué, après rédaction de cette Note, qu'il avait utilisé le même procédé pour mieux définir la partie efficace des compteurs commandant une chambre de Wilson.

ration dans tous les cas. Les compteurs conservent leurs qualités pour un comptage intense.

Des compteurs qui, à l'état ordinaire, étaient défectueux et avaient de mauvais paliers, ont pu ainsi être récupérés.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Technique de la double émulsion photographique en chimie nucléaire.* Note (*) de M. **Edgard Picciotto**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les avantages et les possibilités de la méthode photographique en chimie nucléaire ont été souvent soulignés ([1]).

Pour la majorité des problèmes *quantitatifs* (dosage et détermination de période de radioéléments α, section efficace, dosage par réaction nucléaire, etc.), la méthode comporte : l'introduction d'une quantité déterminée de l'échantillon dans la plaque, le développement et la numération des trajectoires émises. Nous considérons ici le cas où l'échantillon est en solution aqueuse.

Introduction de l'échantillon dans la plaque. — L'introduction de substances étrangères dans la plaque peut avoir une action sur la sensibilité ou sur le développement. Le pH joue un rôle important ([2]), ([3]), également au point de vue mécanique pour éviter des tensions locales risquant de décoller les émulsions.

1° L'imprégnation de l'émulsion à partir d'un bain de concentration connue offre d'importants inconvénients : la concentration dans l'émulsion est très différente de celle du bain et dépend d'un grand nombre de facteurs difficilement contrôlables ([1]), ([4]). Les traces partant de la surface ou du voisinage du verre peuvent être perdues ou incomplètes. Par contre l'élément étudié a l'avantage d'être réparti d'une façon homogène dans toute la plaque.

2° L'évaporation d'un volume connu de solution sur la surface de la plaque nécessite une quantité minime de matière et la quantité totale introduite dans la plaque peut être connue avec précision, mais la répartition de l'élément étudié n'est pas homogène, la majorité en est concentrée en surface et une proportion non négligeable de trajectoires émises vers l'extérieur sont perdues ou incomplètes.

Nous avons utilisé la méthode suivante qui permet d'éviter ces divers inconvénients : une quantité connue de l'échantillon est emprisonnée entre deux émulsions et la totalité des trajectoires émises sont comptées.

Une goutte de la solution est déposée sur la plaque photographique.

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) Broda, *J. Sc. Instr.*, 24, 1947, p. 136.

([2]) Picciotto, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 247.

([3]) Albouy et Faraggi, *J. Phys.*, X, 4, 1949, p. 105.

([4]) Haenny et Rochat, *Helv. Phys. Acta*, 21, 1948, p. 186.

L'emploi d'une balance apériodique à lecture directe permet d'en mesurer le poids avec précision. L'épaisseur de l'émulsion doit être telle que la goutte n'arrive pas jusqu'au verre (100^{μ} suffisent généralement pour une goutte de 5^{mg}).

Après séchage de la goutte, la plaque est recouverte d'une seconde émulsion, les émulsions en feuille (stripped) de Ilford ou Kodak se prêtent fort bien à cette opération. Les deux surfaces doivent être parfaitement soudées, sans plis ni bulles d'air interposées.

Développement. — On peut développer une double émulsion de $2 \times 100^{\mu}$ sans déformation ni déplacement relatif en prenant soin d'éviter les causes de gonflement exagéré de la gélatine. Après de nombreux essais, nous avons trouvé que les meilleures conditions sont réalisées en travaillant à basse température, bas pH et en l'absence de carbonate (dégagement de CO_2). Le révélateur le mieux adapté est l'amidol, déjà préconisé par Dilworth et Occhialini ([5]). Il agit sans carbonate et à un pH voisin de la neutralité.

Pour obtenir un développement homogène sur 200^{μ}, il faut utiliser la méthode de Dilworth, Occhialini et Payne ([6]) qui offre d'ailleurs le maximum de sécurité pour la double émulsion puisqu'elle comporte un stade d'imprégnation à basse température et un stade à haute température, mais à sec.

Les détails de la révélation dépendent du type de particule à mettre en évidence et de la solution utilisée.

La *fixation* est le stade le plus délicat, vu la grande proportion d'AgBr dans les plaques nucléaires. Nous fixons entre 8 et 10° C dans un bain dilué (10 % d'hypo), acide et durcissant. La fixation doit être lente (7 à 10 heures).

Lavage à l'eau froide (10°) et séchage horizontal.

Les essais sont vérifiés par la parfaite continuité des traces traversant les deux émulsions.

Numération des trajectoires. — Pour éviter toute hypothèse hasardeuse sur la distribution de l'élément introduit, nous comptons toutes les trajectoires visibles, qui dans ce cas-ci représentent toutes les trajectoires émises. L'instrument le plus adapté à cette numération est le *Microscope cartographique* de Cosyns ([7]). On peut aussi, mais avec une sécurité moindre, utiliser un disque de verre placé dans l'oculaire et sur lequel sont gravés deux traits parallèles au déplacement latéral de la lame.

La numération est facilitée par le fait que l'emplacement de la goutte est bien visible sur la plaque et que les éléments introduits y restent localisés. Il y a une légère diffusion dans l'émulsion supérieure. On peut souligner l'extension de la goutte en colorant la solution.

Cette méthode de double émulsion permet d'obtenir un maximum de préci-

(5) Communication privée.

(6) *Nature*, 162, 1948, p. 102.

(7) Notes C. Phys. Nucl., Bruxelles (1949)

sion sur la quantité de l'élément introduit dans la plaque et sur le nombre de trajectoires émises qui ont l'avantage d'être toutes complètes (sauf longueurs de plus de 40 à 50$^{\mu}$). Elle est évidemment applicable au cas où l'échantillon n'est pas en solution (suspension, poudre, film) [8]. Nous l'avons utilisée à la détermination de la période du samarium et au dosage de U et Th dans les minéraux. Les résultats seront publiés très prochainement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une forme de répartition statistique des* pièges *de phosphorescence dans le sulfure de zinc.* Note (*) de M. **Jean Saddy**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude du déclin de luminescence de divers échantillons de sulfures de zinc à luminogène cuivre conduit à admettre, pour représenter ce déclin en fonction du temps, une formule en somme de termes exponentiels. On peut envisager que chacun des termes exponentiels $B_i e^{-t/\tau_i}$ correspond à une espèce déterminée de niveau de fixation momentanée (*pièges*) des électrons portés à l'état excité; τ_i représente la vie moyenne dans cet état métastable, et le produit $B_i \tau_i$ est proportionnel au nombre des électrons qui existent à l'instant initial du déclin dans le niveau considéré.

En examinant la répartition des électrons en fonction de la valeur moyenne des durées de vie moyenne de chaque groupe, j'ai pu établir que ce ne sont pas les pièges des électrons de phosphorescence les moins profonds qui sont les plus nombreux. La distribution des profondeurs de ces pièges autour d'une valeur maximum paraît avoir une allure statistique [1].

Ceci m'a amené à essayer de représenter la répartition des pièges par une formule simple conduisant à une courbe de déclin de la phosphorescence en accord avec les résultats expérimentaux. Après divers essais, la forme suivante de répartition des pièges en fonction des vies moyennes τ_i a été retenue :

$$n_{i,0} = K \frac{1}{\tau_i^2} e^{-\frac{\beta^2}{\tau_i^2}} d\tau_i, \tag{1}$$

$n_{i,0}$ est le nombre des pièges de vie moyenne comprise entre τ_i et $\tau_i + d\tau_i$, qui est égal au temps zéro au nombre d'électrons captés par ces pièges, l'excitation étant supposée faite jusqu'à saturation; β est la valeur la plus probable de la vie moyenne; K est une constante dépendant de β et du nombre total des pièges.

D'autre part, d'après ce qui a été dit plus haut, l'intensité de luminescence

([8]) Demers, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 974.

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) J. Saddy, *Thèse*, Paris, 1946.

au temps t du déclin est donnée par

$$\mathcal{J} = \sum B_i e^{-\frac{t}{\tau_i}} \qquad \text{avec} \quad B_i = c\frac{n_{i,0}}{\tau_i}.$$

Donc

$$\mathcal{J} = \sum cK\frac{1}{\tau_i^3} e^{-\frac{\beta^2}{\tau_i^2}} e^{-\frac{t}{\tau_i}}.$$

Si l'on remarque qu'il doit y avoir une très grande variété de vies moyennes, on voit que l'on peut écrire

(2)
$$\boxed{\mathcal{J} = \int_0^\infty cK\tau^{-3} e^{-\frac{\beta^2}{\tau^2}} e^{-\frac{t}{\tau}} d\tau.}$$

Calcul de $\mathcal{J}$. — 1° Remarquons tout d'abord qu'au temps zéro, on a

$$\mathcal{J}_0 = \int_0^\infty cK\tau^{-3} e^{-\frac{\beta^2}{\tau^2}} d\tau = \frac{cK}{2\beta^2}.$$

Si l'on pose $\mathcal{J}_0 = 1$, on a $cK = 2\beta^2$, ce que nous supposerons désormais

2° $$\mathcal{J} = \int_0^\infty 2\beta^2\tau^{-3} e^{-\left(\frac{\beta^2}{\tau^2}+\frac{t}{\tau}\right)} d\tau = \int_0^\infty \frac{2\beta^2}{\tau^3} e^{-\left(\frac{\beta}{\tau}+\frac{t}{2\beta}\right)^2} e^{\frac{t^2}{4\beta^2}} d\tau.$$

Posons $\beta/\tau = u$ et $t/2\beta = \theta$, il vient

$$\mathcal{J} = 1 - \sqrt{\pi}\theta e^{\theta^2}\left[1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\theta e^{-(u+\theta)^2} d(u+\theta)\right].$$

La fonction $\frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\theta e^{-(u+\theta)^2} d(u+\theta)$ est la fonction Θ bien connue en Statistique.

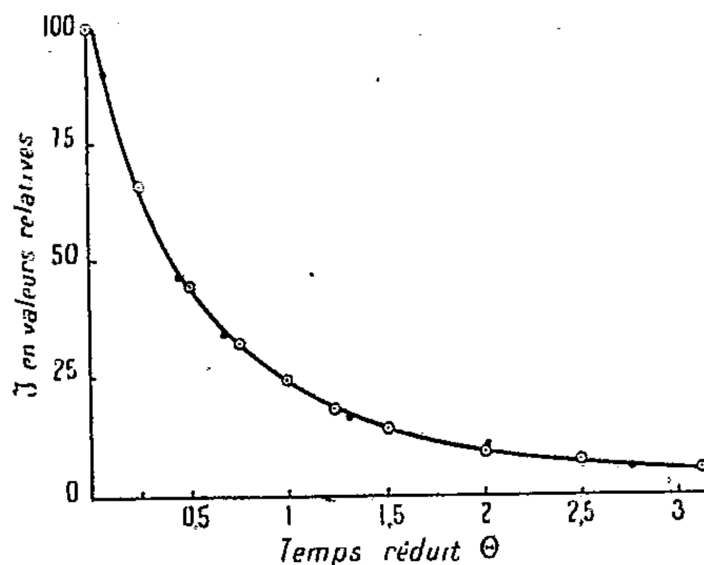
En définitive,

(3)
$$\boxed{\mathcal{J}_\theta = 1 - \sqrt{\pi}\theta e^{\theta^2}[1 - \Theta_{(\theta)}],}$$

$\mathcal{J}$ est donnée en fonction de $\theta = t/2\beta$ qui apparaît donc comme un *temps réduit*. En portant en abscisses θ et en ordonnées $\mathcal{J}$, on doit obtenir la même courbe pour toutes les substances phosphorescentes ayant même loi de répartition des pièges que le sulfure de zinc étudié.

Confrontation avec les résultats expérimentaux. — J'ai utilisé les résultats expérimentaux que j'avais obtenus dans mes recherches sur la loi de déclin du sulfure de zinc à luminogène cuivre. En adoptant pour la vie moyenne la plus probable des pièges la valeur $\beta = 126$ secondes, j'obtiens une excellente concordance entre la courbe déduite de la formule (3) et la courbe expérimentale, comme le montre le graphique ci-après.

Il est à noter que la valeur admise ici pour β se trouve dans les limites qui avaient été déduites de la représentation du déclin par une somme de six termes

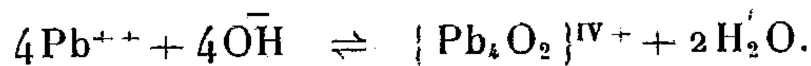


Dans ce graphique, la courbe tracée en trait plein est la courbe expérimentale; les points cerclés sont déduits de la formule.

exponentiels, termes dont j'ai donné les valeurs dans le Mémoire cité plus haut ([4]) : j'avais alors trouvé que l'espèce la plus nombreuse de pièges paraît avoir une durée de vie moyenne comprise entre 50 secondes et 7 minutes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la condensation des ions basiques de plomb; étude spectrophotométrique.* Note (*) de M. **Jacques Faucherre**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans des travaux antérieurs ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), ([5]) nous avons montré, à l'aide de quatre méthodes différentes, que l'alcalinisation ménagée du nitrate ou du perchlorate de plomb donnait naissance à des ions basiques condensés renfermant quatre atomes métalliques,



$$4Pb^{++} + 4\overline{OH} \rightleftharpoons \{Pb_4O_2\}^{IV+} + 2H_2O.$$

La concordance satisfaisante de nos résultats expérimentaux avec l'hypothèse d'un ion basique tétracondensé nous a paru un critère suffisant pour affirmer :

1° que cet ion constitue un édifice plus stable que l'ion basique non condensé aux concentrations où nous avons opéré;

2° qu'il n'existe qu'une seule espèce d'ion condensé, du moins en quantité appréciable.

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) Faucherre-Schaal, *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 118.

([2]) Geloso-Faucherre, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 202.

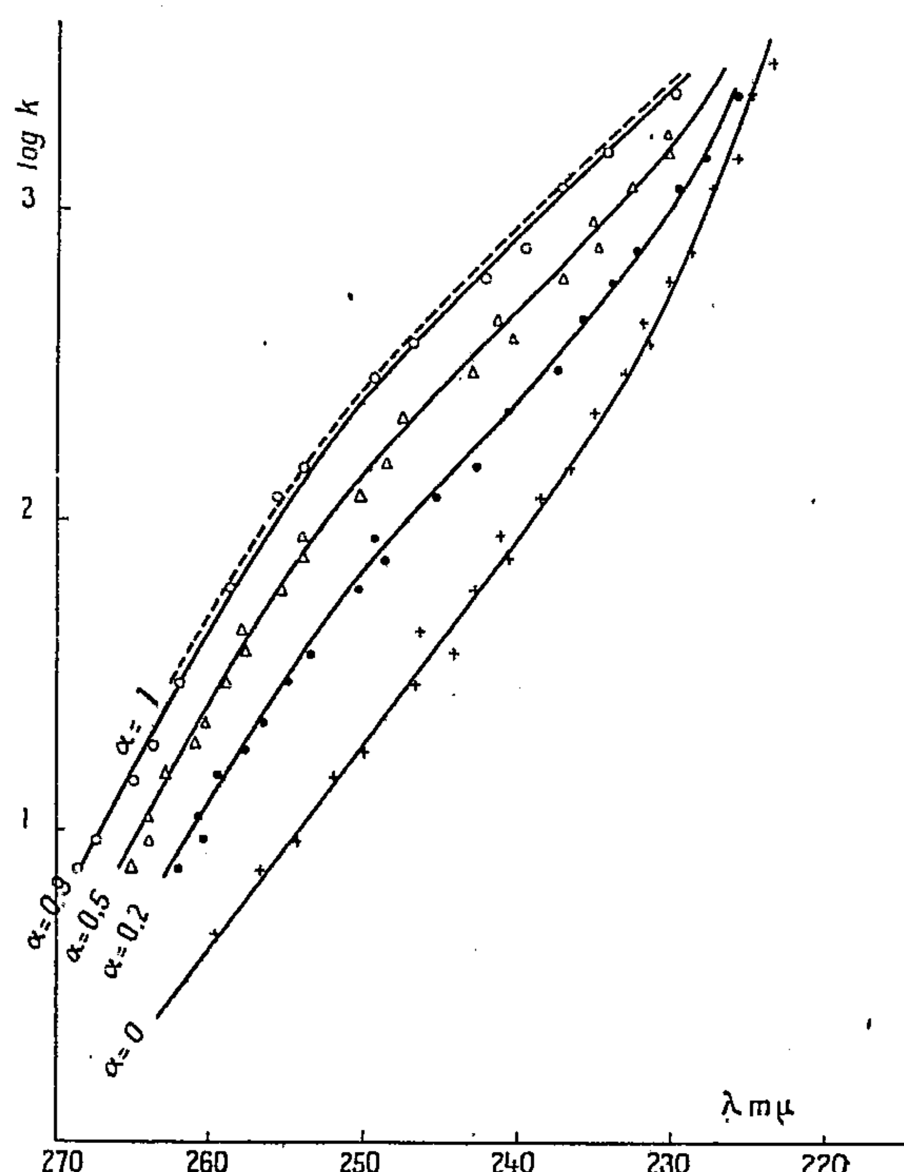
([3]) Geloso-Faucherre, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 430.

([4]) Faucherre, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 847.

([5]) Geloso-Faucherre, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1243.

Pour plus de rigueur il nous a paru nécessaire de prouver expérimentalement cette dernière affirmation. Nous avons utilisé dans ce but la méthode d'absorption dans l'ultraviolet, préconisée par Souchay-Peschanski ([6]), après nous être assuré qualitativement que l'absorption lumineuse de l'ion basique était notablement plus grande que celle de l'ion simple.

Nous avons opéré sur du perchlorate de plomb 0,1 M avec des épaisseurs de cuve décroissant de 16 à 1^{mm} et des solutions de $(ClO_4)_2Pb$: 0,04; 0,02; 0,01 M dans des cuves de 1^{mm}. Les concentrations et les épaisseurs étaient choisies de telle sorte que, après développement, chaque spectre présente, pour une même longueur d'onde, un noircissement mesurable avec précision au photomètre. Temps de pose : 2 minutes.



On détermine ainsi par spectrophotomètrie la courbe d'absorption des solutions de perchlorates purs ($\alpha = 0$) et de perchlorates alcalinisés dans une proportion connue α, en traçant, en fonction de la longueur d'onde exprimée en millimicrons, les valeurs du coefficient d'absorption :

$$k = \frac{1}{cd}\log\frac{i}{i_0};$$

c, concentration en atome-gramme Pb par litre; d, épaisseur en centimètres; i_0 et i, intensité incidente et transmise.

([6]) Souchay-Peschansky, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 439.

On trouvera sur la figure les courbes d'absorption correspondant aux mélanges $\alpha = 0$; 0,2 ; 0,5 et 0,9.

Si l'ion basique condensé en équilibre avec l'ion simple est unique, on a le droit, pour une longueur d'onde déterminée, d'appliquer la relation :

$$k_i = k_c \alpha + k_s(1 - \alpha); \qquad (1)$$

où k_i, coefficient d'absorption d'un mélange intermédiaire compris entre $\alpha = 0$ et $\alpha = 1$; k_s, coefficient d'absorption de l'ion simple ($\alpha = 0$); k_c, coefficient d'absorption de l'ion condensé ($\alpha = 1$).

A l'aide de la relation (1) nous avons calculé k_c à partir des trois valeurs successives de k_i pour une série de longueurs d'onde déterminées. Les valeurs de k_c, ainsi calculées, sont remarquablement identiques pour une même longueur d'onde attestant par là la rigoureuse validité de la relation (1) appliquée au présent équilibre. L'ion basique tétracondensé qui existe en solution est donc unique ou du moins prédominant entre zéro et 1 équivalent d'alcali par atome de Pb. Il est évident, en effet, que, si d'autres espèces d'ions basiques coexistaient avec celui-ci en quantité appréciable, les variations du coefficient d'absorption devraient obéir à une loi beaucoup plus complexe que celle exprimée par la relation (1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Phénomène de Portevin-Le Chatelier dans les aciers doux et sa relation avec le vieillissement d'une éprouvette écrouie.* Note de M. **Christian Boulanger**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Le phénomène découvert par MM. A. Portevin et F. Le Chatelier [1], c'est-à-dire l'apparition, sur les courbes force-allongement, de discontinuités dues au déclenchement d'ondes de déformation plastique qui parcourent l'éprouvette, comme si celle-ci recevait une série de chocs instantanés successifs, a été signalé dans les aciers par de nombreux auteurs [2] [3] : c'est d'ailleurs une des manifestations de la *fragilité au bleu*.

Je me suis proposé de reprendre l'étude de ce phénomène sur des fils fins. Outre l'avantage d'une très faible dispersion, les fils offrent celui d'un traitement thermique ou chimique facile au sein d'une atmosphère choisie; l'emploi d'éprouvettes longues réduit les effets de la striction et la micromachine Chevenard pour fils permet d'enregistrer avec finesse, et presque sans inertie, les courbes force-allongement dans un large intervalle de températures et de vitesses.

---

(1) A. Portevin et F. Le Chatelier, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 507.
(2) J. Galibourg, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1072.
(3) *Symposium on the Age Hardening of Metals*, A.S.M. Cleveland, Ohio, 1940, p. 262.

Sur la figure 1, qui groupe neuf courbes de traction relatives à un acier extra-doux (C 0,04 %) et enregistrées à diverses températures, le phénomène se manifeste par des *hachures*, dont les courbes tracées à 170° et à 200° fournissent des exemples particulièrement nets. La vitesse d'extension affecte beaucoup l'aspect des courbes : plus elle est grande, plus le domaine des hachures est rejeté vers les températures élevées.

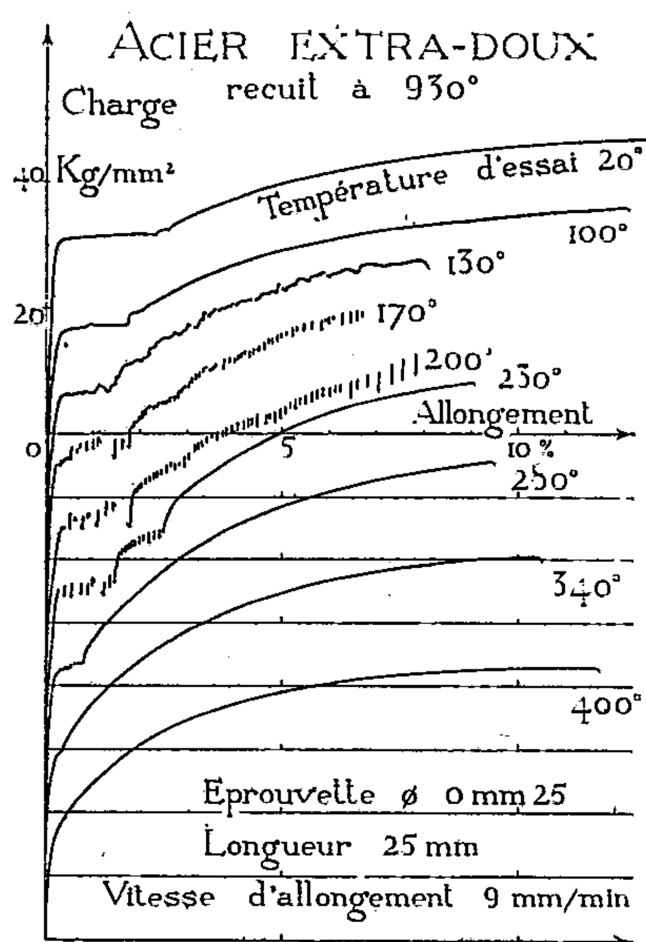


Fig. 1.

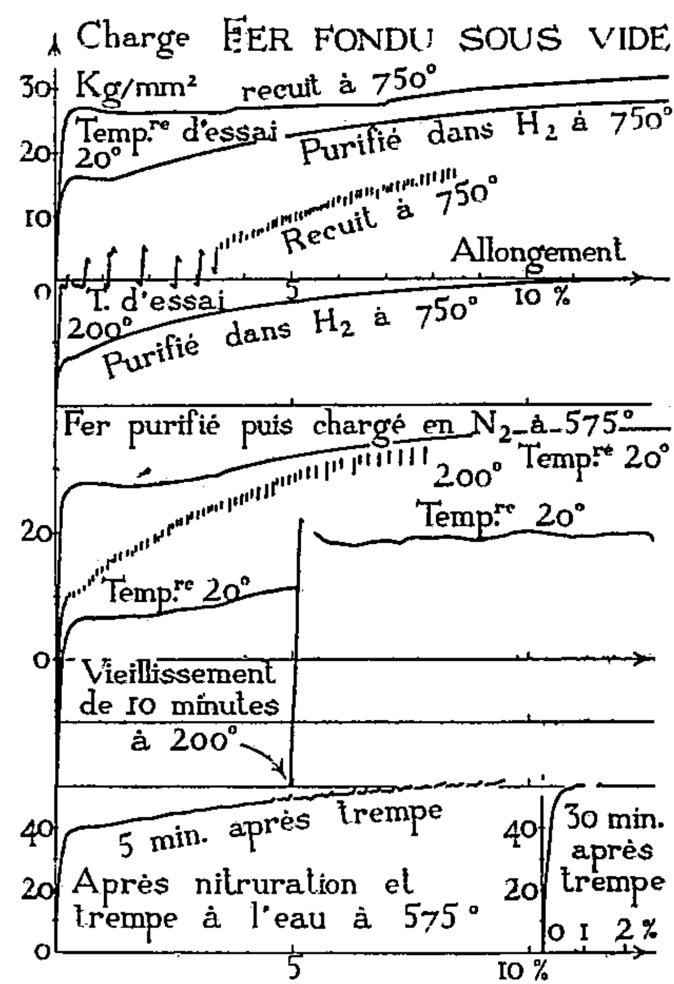


Fig. 2.

Si l'on purifie l'acier doux par chauffage au-dessus de Ac_3 dans l'hydrogène électrolytique, le grain grossit et le palier disparaît de même que les hachures. Mais si la chauffe dans l'hydrogène ne dépasse pas 750°, le grain reste fin, le

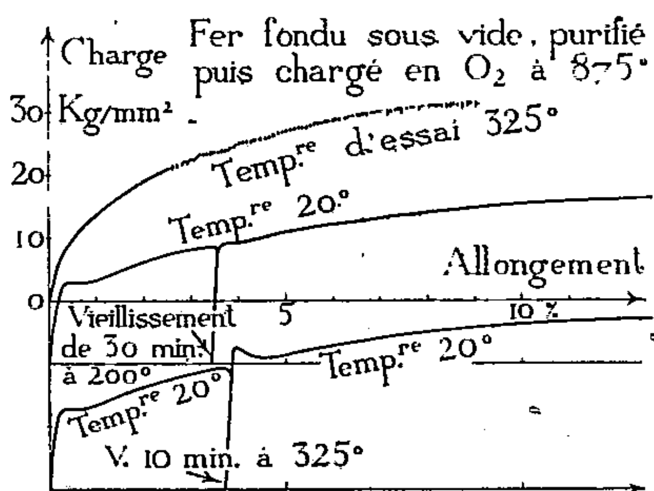


Fig. 3.

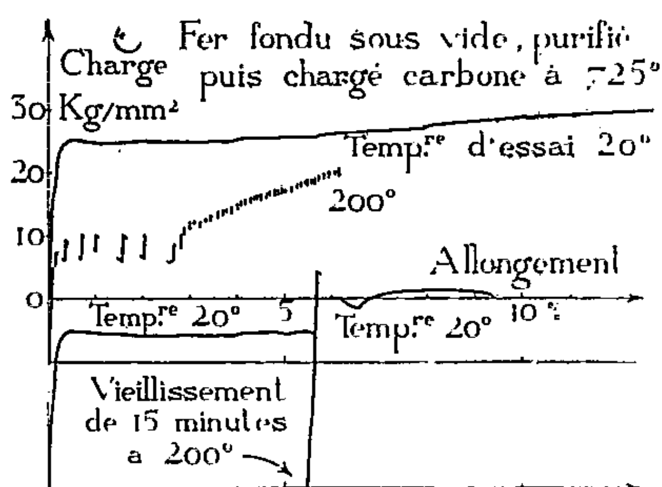


Fig. 4.

palier demeure bien que moins anguleux, et *il n'y a plus de hachures*; la figure 2 montre ce résultat sur un fer très pur fondu sous vide (C, N, Mn $\leq$ 0,01 %). Après écrouissage et revenu à basse température, le fer ainsi purifié n'est plus apte à vieillir.

Pour faire réapparaître les hachures, il suffit d'incorporer *par cémentation* du carbone ($C_6H_{10}+H_2$ à 725°), ou de l'azote (NH_3+H_2 à 575°), ou de l'oxygène (H_2O+H_2 à 875°). La cémentation étant complétée par un recuit d'homogénéisation de plusieurs heures, en atmosphère inerte, le domaine thermique des hachures se situe un peu avant 200° pour l'azote (*fig.* 2), vers 325° pour l'oxygène (*fig.* 3) et vers 200° pour le carbone (*fig.* 4).

Cette cémentation ne fait apparaître le *palier* que si le grain est fin mais, dans tous les cas, *le métal ainsi traité devient apte à vieillir.* En déformant un peu les éprouvettes et en leur faisant subir un revenu (200° pour C et N, 325° pour O), la nouvelle courbe de traction devient semblable à celle que donnerait, dans les mêmes conditions, un acier non purifié. Le fait qu'il faille porter l'éprouvette à 325° dans le cas de l'oxygène montre bien la liaison des deux mécanismes. Enfin, si par trempe on réalise une solution très sursaturée d'azote dans la ferrite, les hachures apparaissent (*fig.* 2, en bas) dès la température ambiante, comme dans le cas des alliages légers d'aluminium [1].

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Structure cristalline du polyhexaméthylène dihydroxy-α.α' adipamide.* Note de MM. **Gérard Beauvalet**, **Georges Champetier** et **Robert Tertian**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le polyhexaméthylène dihydroxy-α.α' adipamide [1], fondu et brusquement refroidi, donne le diagramme de diffraction de rayons X d'une substance amorphe, formé d'un halo flou correspondant à la distance réticulaire de 4,4 Å. Après un certain temps, la structure microcristalline apparaît et se traduit par un diagramme de diffraction de Debye et Scherrer, comportant plusieurs anneaux relativement fins et nets. Un fil du polymère étiré à froid et recristallisé, par traitement thermique à 158° pendant 12 heures, donne un diagramme de diffraction de substance fibreuse suffisamment riche en détails pour permettre de préciser la structure cristalline de la substance.

La détermination du système cristallin et le calcul des paramètres de la maille élémentaire ont été effectués par la méthode du réseau réciproque de Bernal [2]. La maille est orthorhombique

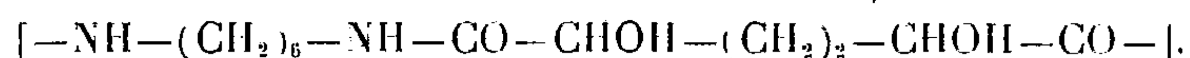
$$a = 4{,}87\ \text{Å}, \qquad b = 4{,}35\ \text{Å}, \qquad c = 15{,}85\ \text{Å (direction de fibre).}$$

La forte intensité de la tache (010) permet d'envisager que les chaînes macromoléculaires, très sensiblement parallèles à la direction c, sont situées dans le plan a, c; toutefois, la période d'identité calculée à l'aide des distances interatomiques et des angles valenciels habituels a pour valeur 17,2 Å et est légèrement supérieure au résultat expérimental ($c = 15{,}85$ Å), ce qui fait

(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1866.

(2) *Proc. Roy. Soc. London* A, **113**, 1926, p. 117.

supposer que les chaînes de polyamide ne sont pas en état de complète extension. La maille adoptée contient un seul motif monomère



$$[-NH-(CH_2)_6-NH-CO-CHOH-(CH_2)_2-CHOH-CO-].$$

Cependant, la densité calculée 1,23 est un peu plus grande que la densité mesurée 1,18, ce qui doit être attribué à l'imparfaite cristallinité du haut polymère.

h_n.	Nature des taches.	l (mm).	Indice de Miller.
h_0	très forte, très fine	41,2	(010)
	forte, fine	72,6	(200)
	forte, fine	83,9	(020) (210)
	très faible, nette	92,5	(120)
	faible, nette	113,1	(300)
$h_1 = 5^{mm},6$	moyenne, fine	36	(101)
	très forte, nette	41,4	(011)
	forte, nette	54,8	(111)
$h_2 = 11^{mm},31$	faible, flou	73	(202)
	très faible, flou	84	(022) (212)
$h_3 = 17^{mm},35$	moyenne, nette	42	(013)
	moyenne, nette	56	(113)
	faible, flou	75	(203)
$h_4 = 24^{mm}$	très faible, flou	42	(014)
$h_5 = 31^{mm},7$	moyenne, flou	40,6	(015)
$h_6 = 40^{mm},9$	très faible, flou	38,4	(016)
Taches méridiennes.	très forte, fine	23	(001)
	très forte	11,5	(002)
	forte	7,75	(003)

Chambre cylindrique. Diamètre $114^{mm},6$ Cu K_α. h_n distance de la ligne de couche n à l'équateur. l, distance de deux taches symétriques par rapport au méridien du diagramme ou distance de deux taches méridiennes symétriques.

Les interactions hydrogène entre les groupes CO et NH des chaînes voisines du polyamide hydroxylé s'exercent dans le plan a, c, la distance entre l'atome d'azote et l'atome d'oxygène étant de l'ordre de 3 Å, distance supérieure à la valeur moyenne de 2,73 Å que l'on trouve pour les polyamides non hydroxylés ; cet accroissement de distance est dû au décalage des chaînes macromoléculaires.

Les interactions hydrogène entre les oxhydriles des chaînes voisines se situent dans les plans b, c et correspondent à une distance de l'ordre 2 Å entre les atomes d'oxygène, valeur plus faible que celle qui est généralement admise pour les liaisons de ce type (2,3 Å ou plus).

Le double système d'interactions hydrogène s'exerçant dans deux directions de l'espace assure aux chaînes macromoléculaires du polyamide hydroxylé une

très forte cohésion qui se traduit par des qualités mécaniques supérieures à celles des polyamides normaux, en l'absence d'humidité, car la présence des oxhydriles donne au polyhexaméthylène dihydroxyadipamide une grande sensibilité à l'eau au détriment des propriétés mécaniques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du quartz libre dans les minerais de fer de Lorraine.* Note (*) de MM. **Jacques Aubry** et **Gilbert Turpin**, présentée par M. Albert Portevin.

Selon une Note de M. Sauzéat ([1]), les méthodes chimiques de détermination du quartz libre dans les roches s'avèrent peu satisfaisantes; d'après cet auteur, dans la méthode de Trostell et Wynne en particulier, le traitement acide initial au bisulfate attaque le quartz et laisse certains silicates attaqués, tandis que le traitement alcalin ultérieur peut entraîner également la dissolution partielle du quartz. Nous inspirant d'une méthode d'analyse de sols ([2]), nous avons étudié l'action, sur les minerais de fer de Lorraine, du sulfure de sodium en solution bouillante à 20 % ($pH = 11,95$) dont l'alcalinité est suffisante pour peptiser la silice colloïdale et la silice combinée des argiles et des chlorites, mais reste trop faible pour dissoudre le quartz.

Son pouvoir sulfurant permet aussi, dans ces conditions, d'attaquer la presque totalité du fer qui s'élimine sous forme de sulfure colloïdal.

On élimine au préalable les carbonates de chaux, de magnésie et une partie de la sidérose dans un traitement par une solution tampon



$$CH_3COOH - CH_3COONa \quad \text{à} \quad pH = 2,5.$$

Le résidu est repris par des solutions bouillantes de sulfure de sodium et l'analyse de la silice dissoute dans les filtrats, montre que trois traitements successifs suffisent à dissoudre les matériaux siliceux autres que le quartz; les filtrations sont effectuées sur creuset d'alundum, inattaqué par la liqueur alcaline utilisée, contrairement au verre fritté. Un traitement final acide à $HCl + NO_3H$ dissout les oxydes de fer non sulfurés et les sulfures qui n'ont pu passer en solution colloïdale.

Le sulfure de sodium lui-même s'est révélé le meilleur solvant du soufre provenant de l'action de NO_3H sur les sulfures et accompagna le résidu final; il n'avait pu être éliminé par des extractions méthodiques au sulfure de carbone.

Le résidu final se présente à l'examen microscopique, sous forme de débris transparents incolores, à cassures conchoïdales, contenant parfois des inclusions liquides.

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 271.

([2]) E. Truog, *Proceedings of The Soil Science of America*, I, 1936, p. 101.

La méthode a conduit à des résultats reproductibles avec quatre échantillons de minerai de fer lorrain (deux calcaires et deux siliceux). Ces résultats ont été comparés à ceux qu'a obtenus Guinard par la méthode de restitution minéralogique par le calcul (*Revue de l'Industrie minérale*, octobre 1948).

Désignation.	SiO_2 totale (%).	Quartz (%).	Quartz calculé (%).
Moulaine calcaire, L_1+L_2	10,20	5,54 5,55	5,42
Mont-Saint-Martin siliceux, L_5	23,40	15,18 15,33	16,57
Tucquegnieux calcaire, couche grise	5,80	1,40 1,42	0,48
Moulaine siliceux, L_5	15,80	5,15 5,28	9,94

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur une méthode expérimentale d'étude de la température réellement atteinte au cours du meulage dans les couches superficielles d'un échantillon métallique : Cas du cobalt.* Note (*) de M. **Robert Courtel**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons donné le principe de la méthode de meulage dans le vide avec contrôle immédiat, par diffraction électronique, des surfaces obtenues.

On peut chercher à obtenir par cette technique des renseignements très directs sur la température réellement atteinte en surface au cours du meulage à sec, en s'adressant à un corps possédant un point de transition net de sa structure cristalline en fonction de la température. Ce cas s'est présenté au cours d'une série d'essais sur différents métaux (Fe, Al, Ni, Mg, etc.), notamment en effectuant le meulage, à différentes vitesses, d'un monocristal de cobalt hexagonal.

Au cours de ces expériences, on a observé les faits suivants :

1° Pour des vitesses périphériques et des profondeurs de passe faibles (moins de 14 m/sec et de 1/100 de millimètre environ avec une meule boisseau, diamantée, de 2^{cm},5 de diamètre), on obtient, après meulage, le diagramme de la variété hexagonale pure (*fig.* 1); l'orientation commune des cristallites, qui est celle décrite ailleurs pour Mg (à savoir le plan de base 0001 strictement dans le plan de la surface meulée) est absolument indépendante de l'orientation propre du monocristal initial, ce qui montre que ce dernier a été brisé et les cristallites réorganisés.

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 793.

2° Pour des vitesses plus fortes (environ 16 m/sec), ou des passes plus profondes, on voit se superposer au diagramme hexagonal les raies de la variété cubique (c. f. c.) avec leurs orientations caractéristiques (*fig.* 2).

3° Le diagramme c. f. c. devient prédominant pour les vitesses de 20 m/sec et au delà, quoique le diagramme hexagonal ne disparaisse jamais totalement (*fig.* 3).

4° Le phénomène est excessivement sensible au moindre encrassement de la meule par des particules métalliques, ainsi qu'à l'importance des passes. L'un et l'autre de ces facteurs entraînent rapidement l'apparition et la prédominance du diagramme cubique, et les résultats deviennent alors très irréguliers.

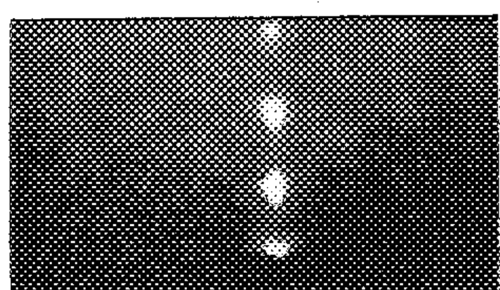


Fig. 1 : V = 10 m/sec.

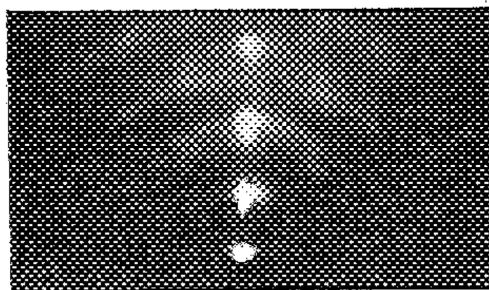


Fig. 2 : V = 20 m/sec.

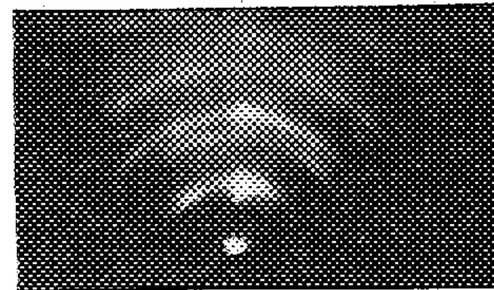


Fig. 3 : V = 30 m/sec.

Échantillon de cobalt hexagonal meulé dans le vide (meule diamantée).

Sachant que le cobalt a un point de transformation (variété hexagonale → cubique) au voisinage de 400° C, on peut poser en principe que, selon les conditions réalisées au cours du travail, la température de la couche intéressée par la diffraction électronique (quelques centaines d'Angströms d'épaisseur), ou tout au moins la grandeur statistique que l'on peut définir comme étant une telle température, a effectivement atteint et dépassé cette température de transformation. La variété cubique, formée sous l'effet de l'apport énergétique quasi instantané dû au meulage, subsiste ensuite à basse température grâce à une véritable trempe : on peut calculer par exemple que le refroidissement de 500° à 300° C, par simple conduction de chaleur dans l'échantillon massif initialement à température ambiante, d'une couche superficielle uniforme de 1μ d'épaisseur, ne prend pas plus de 10^{-7} seconde.

Il est possible cependant que les choses ne soient pas aussi simples : la transformation $Co_\beta \rightarrow Co_\alpha$ par voie purement thermique est assez capricieuse (2); son irréversibilité dépend de la grosseur des grains de la variété cubique présents au-dessous de la température de transformation. Cette dernière est mal définie et se situe en fait sur un intervalle assez étendu au voisinage de 400° C. D'autre part, l'effet thermique du meulage est certainement variable selon le point considéré de la surface; et du reste, si l'on cherche à préciser la notion de température au cours du meulage dans la couche intéressée, qui est

(2) *Voir* Trojano et Tokich, *Met. Tech.*, 15, (3), 1948.

celle où a lieu la fracture, on se heurte évidemment à de grosses difficultés, qui font apparaître la nécessité d'une analyse plus serrée du phénomène à l'échelle atomique.

Il ne saurait donc s'agir ici que d'une première interprétation des faits expérimentaux. Mais nous donnerons dans une prochaine Note une confirmation de ce point de vue obtenue par une méthode différente (méthode des *seuils d'oxydation*).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les images au microscope électronique des alliages aluminium-cuivre durcis.* Note de MM. RAYMOND CASTAING et ANDRÉ GUINIER, présentée par M. Pierre Chevenard.

Nous avons cherché à déterminer par microscopie électronique (1) les aspects des images correspondant aux diverses structures d'un alliage aluminium-cuivre au cours du revenu, telles qu'elles sont révélées par les rayons X (2).

Les revenus à température comprise entre 150 et 200° font apparaître sur le diagramme de rayons X la phase $Al_2Cu\,\theta'$. Les micrographies électroniques montrent, dans ce cas, une répartition dense et uniforme de précipités en forme de plaquettes, en épitaxie sur le réseau de la matrice. Leur épaisseur moyenne est de 100 Å et reste sensiblement constante pour des revenus relativement longs à température inférieure à 250°, tandis que s'accroissent les dimensions latérales des précipités, certains pouvant atteindre un micron pour un revenu de 36 heures à 200°. Les plaquettes formées aux températures inférieures à 250° n'ont d'ailleurs pas une épaisseur uniforme et semblent composées d'éléments de 100 Å d'épaisseur et 200 à 400 Å de côté séparés par des régions plus minces. Ce phénomène disparaît aux températures supérieures.

La phase θ' est aisément révélée par le microscope électronique dès le début de sa formation. Les plaquettes sont alors irrégulièrement réparties et leur épaisseur peut être inférieure à 50 Å, ce que pouvait faire prévoir un allongement des taches de diffraction des précipités parallèlement aux axes [100].

Le vieillissement aux températures comprises entre 100 et 150° correspond, d'après les rayons X, à un arrangement des atomes d'aluminium et de cuivre conduisant à une sorte de surstructure du réseau de la matrice. Cet arrangement a lieu dans des zones de rassemblement des atomes de cuivre dont les rayons X sont impuissants à déterminer la forme et les dimensions. Les micrographies électroniques révèlent encore la présence de nombreux points dont certains sont allongés et présentent une nette orientation. Le nombre de ces points est trop élevé pour pouvoir être expliqué par la présence d'un précipité θ', puisque celui-ci n'est pratiquement pas visible aux rayons X. Il semble donc

(1) R. CASTAING, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1341-1343.
(2) A. GUINIER, *Journ. Phys.*, 8e série, **3**, 1942, p. 124-136.

que l'on puisse conclure qu'il s'agit de zones de surstructure : celles-ci présenteraient donc également la forme de plaquettes orientées parallèlement aux plans [100] de la matrice; leur épaisseur pouvant atteindre 200 Å, il est normal qu'un grand nombre d'entre elles apparaissent sous forme de points sans orientation visible.

Les rassemblements *plans* d'atomes de cuivre caractérisant le tout premier stade d'hétérogénéité de la solution n'ont pu, jusqu'à présent, être mis en évidence de façon certaine sur les micrographies électroniques. Les dimensions ($40 \times 40 \times 3$ Å), que l'on peut leur assigner, d'après l'étude aux rayons X, semblent d'ailleurs difficilement accessibles aux méthodes d'empreintes actuelles ([1]).

Le principal caractère du phénomène de vieillissement, tel qu'il est révélé par les micrographies électroniques, est son extrême irrégularité. D'une façon générale, pour des revenus de moyenne durée, plusieurs des stades d'hétérogénéité coexistent au sein d'un même cristal. Cette irrégularité n'est d'ailleurs pas le fait du hasard, mais présente une étroite corrélation avec les défauts du réseau cristallin.

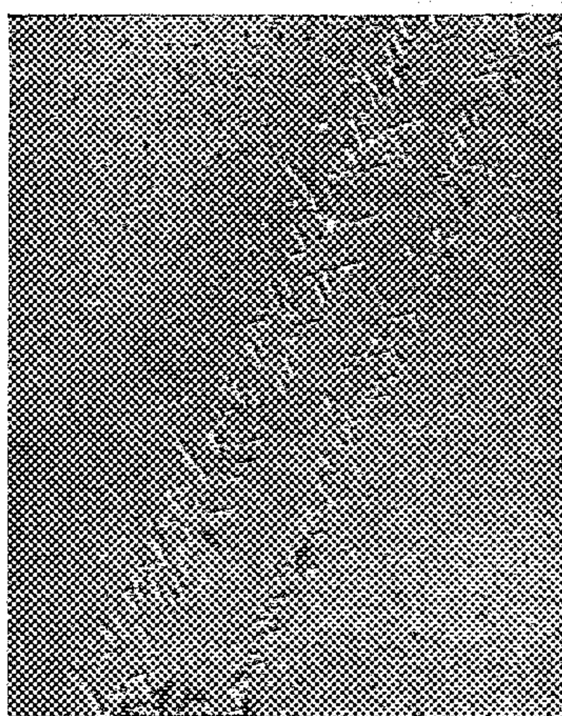


Fig. 1. — Al/Cu 4 % revenu 3 h à 190°.

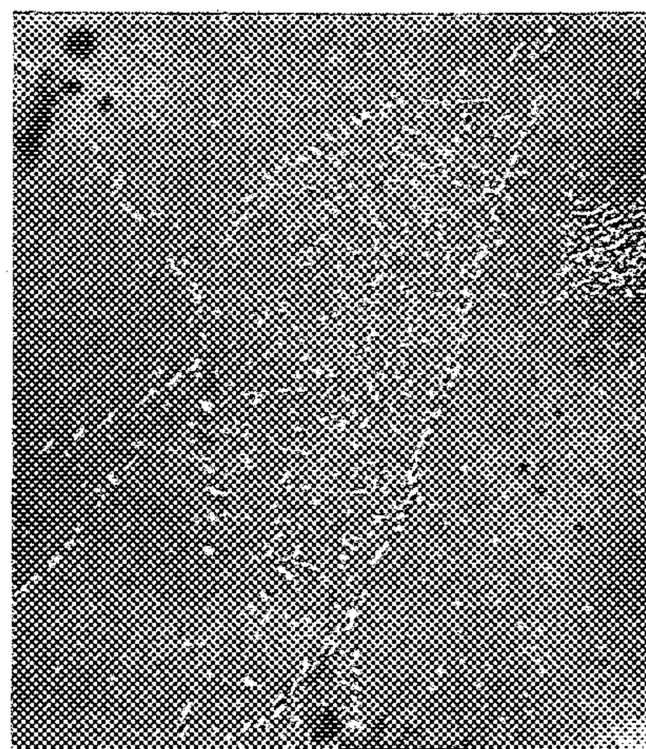


Fig. 2. — Al/Cu 4 % polygonié revenu 12 h à 150°.

1° *Plans de glissement.* — Les tensions de trempe font toujours apparaître dans le cristal des systèmes de plans de glissement. La précipitation sélective de la phase θ' le long de ces plans a pu être mise en évidence (*fig.* 1).

2° *Joints de grains.* — De part et d'autre des joints de grains, se présentent en général un petit nombre de précipités grossiers. Les fines précipitations y sont peu nombreuses ou inexistantes; cela peut s'expliquer par l'appauvrissement en cuivre de la solution au voisinage des gros précipités.

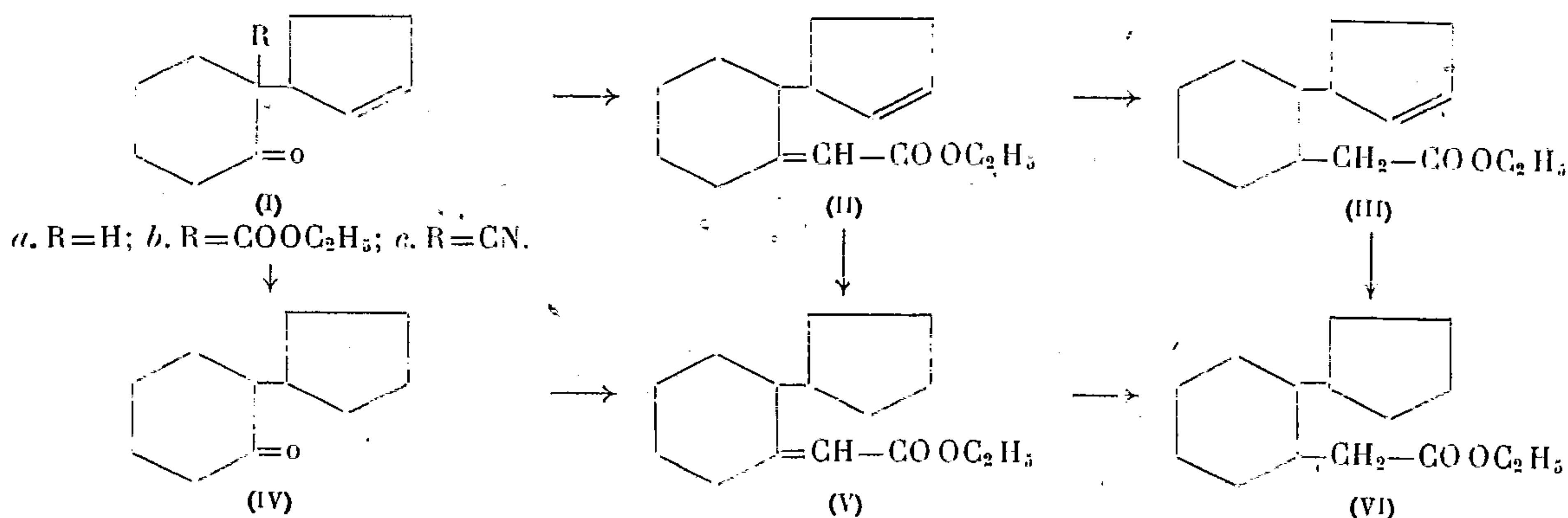
3° *Polygonisation.* — La précipitation de la phase θ' a lieu d'une façon

sélective le long des joints de polygonisation ([3]), où se sont rassemblées la plupart des imperfections du réseau. La distance moyenne (1000 Å) des précipités le long de ces joints permet, si l'on remarque que la désorientation des différents sous-grains est de quelques minutes environ, de considérer qu'ils révèlent des dislocations individuelles([4]). En outre, l'hétérogénéité au sein même des sous-grains de polygonisation subit de l'un à l'autre d'importantes variations. La figure 2 représénte de tels sous-grains de 5μ environ au *sein d'un cristal de* 12^{mm} *de côté*.

Enfin, les zones de surstructure, qui apparaissent en général dans des régions isolées dont les dimensions sont de quelques microns, se répartissent à l'intérieur de ces régions de façon préférentielle le long des lamelles de glissement introduites par les tensions de trempe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions de la Δ_2-cyclopentényl-cyclohexanone.* Note (*) de MM. **Max Mousseron** et **François Winternitz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les cétones hydroaromatiques, sodées par l'amidure de sodium au sein de l'éther anhydre, réagissent avec le chloro-1 cyclopentène-2 dans de bonnes conditions. C'est ainsi que la cyclohexanone donne naissance au (Δ_2-cyclopentényl)-2 cyclohexanone (Ia)), $É_{20}$ 118-122°, d_{25}^{25} 1,004, n_D^{25} 1,4979, semicarbazone F 174°, oxime F 82-83°, obtenue également à partir de la (Δ_2-cyclopentényl)-1 cyclohexanone-2 carboxylate d'éthyle (Ib), $É_{20}$ 160-164°, d_{25}^{25} 1,071, n_D^{25} 1,4893, semicarbazone F 156°, provenant de l'action du chloro-1 cyclopentène-2 sur la cyclohexanone-2 carboxylate d'éthyle sodé, après saponification et recyclisation par l'anhydride acétique ([1]).



([3]) A. Guinier et P. Lacombe, *Métaux et Corrosion*, **23**, 277, 1948, p. 212-214.

([4]) W. G. Burgers, *Proc. Roy. Acad. Sc. Amsterdam*, **50**, 1947, p. 452.

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) Horeau et Jacques, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **12**, 1945, p. 1001.

De même la cyano-2 cyclohexanone conduit au (Δ_2-cyclopentény1)-2 cyano-2 cyclohexanone (Ic), $É_{20}$ 168-170°, semicarbazone F 224-225°, oxime F 96°.

La cétone (Ia) conduit par la réaction de Reformatsky avec le bromacétate d'éthyle et le magnésium en milieu benzénique à un ester alcool, $É_{15}$ 183-185°, très difficile à déshydrater par le bisulfate de potassium, mais donnant plus aisément l'ester éthylénique (II), $É_5$ 140-145° par le chlorure de thionyle et la pyridine, puis par saponification, un acide dont le dérivé S-benzylthiouronium est fusible à 175°.

L'hydrogénation par le nickel Raney de cet ester (II) sature uniquement [2] la liaison éthylénique cyclopenténique, conduisant à (V), $É_5$ 115-117°, d_{25}^{25} 0,993, n_D^{25} 1,4905, dérivé *p*-bromophénacylé de l'acide F 116-118°. L'hydrogénation avec le charbon palladié par contre, supprime les deux doubles liaisons donnant l'ester (VI), $É_6$ 110-115°, d_{25}^{25} 0,983, n_D^{25} 1,4820.

Quand la réaction de Reformatsky est effectuée sur la cyclopentyl-2 cyclohexanone (IV), $É_{15}$ 120-122°, d_{25}^{25} 0,974, n_D^{25} 1,4858, semicarbazone F 186-187°, 2.4-dinitrophénylhydrazone F 157-178°, provenant de l'hydrogénation soit par le palladium, soit par le nickel Raney de (I), après déshydratation et saponification, on obtient le même acide qui correspond à (V).

Enfin, l'hydrogénation par l'amalgame de sodium [3] de (II) comble sélectivement la double liaison semi-cyclique, conduisant à (III), dont l'acide donne un dérivé S-benzylthiouronium F 145° et par l'intermédiaire de son chlorure d'acide (par le chlorure de thionyle) un amide F 100-102°. Ici encore, l'hydrogénation de la liaison éthylénique cyclopenténique a lieu très facilement par le nickel Raney aboutissant ainsi à l'ester saturé (VI).

La cyclohexénylcyclohexanone, par la réaction de Reformatsky, conduit à un ester-alcool, $É_5$ 150-160°, qui a été déshydraté par le bisulfate de potassium. L'ester, doublement désaturé, a été hydrogéné d'abord par le charbon palladié, puis par le platine d'Adams, donnant ainsi le cyclohexyl-2 cyclohexylacétate d'éthyle, $É_{15}$ 155-160°, d_{25}^{25} 0,973, n_D^{25} 1,4870, puis par saponification, l'acide cyclohexyl-2 cyclohexylacétique F 82°, amide F 146-148°.

La cyclohexyl-2 cyclohexanone, soumise à l'action du bromacétate d'éthyle, engendre un ester-alcool, qui, hydrogéné après déshydratation, conduit à l'ester saturé précédent.

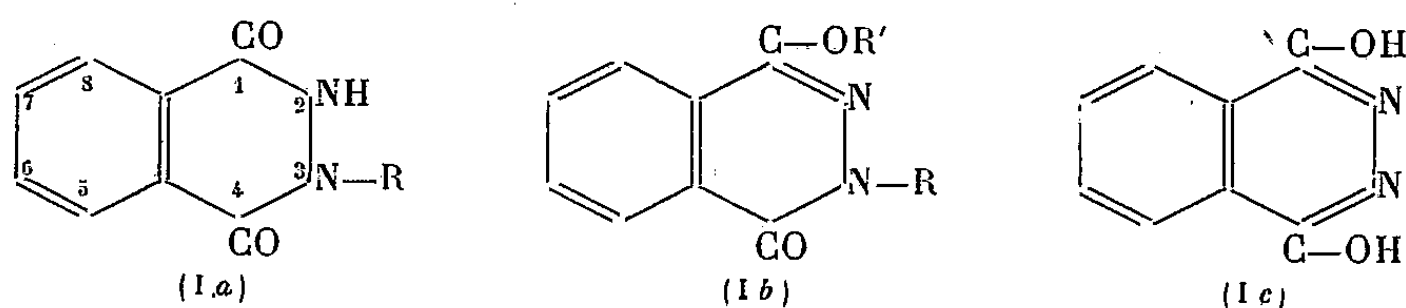
L'extension de ces réactions à l'α-tétralone et à la méthoxy-6 tétralone-1 est en cours.

---

[2] SCHWENK et PAPA, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1432.
[3] NEWMAN, *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 2948.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés de la phtalazine d'intérêt biologique.* Note (*) de MM. **N. P. Buu-Hoï, Georges Dechamps, Nguyen-Hoán, Henri Le Bihan, Albert R. Ratsimamanga** et **Fernand Binon**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été montré récemment par Jouin et l'un d'entre nous ([1]) que la phtalylhydrazine possède *in vitro* une activité bactériostatique marquée vis-à-vis du bacille tuberculeux. Cette observation a conduit à l'étude de la synthèse et des propriétés des dérivés de ce corps, avec l'espoir d'accéder à des substances susceptibles d'applications pratiques. La phtalylhydrazine peut être considérée soit comme une phtalazdione-1.4 (I*a*; R = H), soit comme une hydroxy-1 phtalazone-4 (I*b*; R = R' = H), soit comme une dihydroxy-1.4 phtalazine (I*c*); d'après Rowe et Peters ([2]), sa méthylation conduit à un dérivé N-substitué,



puis à un O-éther de ce dernier, la méthoxy-1 méthyl-3 phtalazone-4. En traitant la phtalylhydrazine en milieu alcalin par des halogénures d'alcoyles et d'arylalcoyles variés, nous avons préparé de nombreux dérivés nouveaux, liposolubles, dont voici quelques types :

Hydroxy-1 cinnamyl-3 phtalazone-4 (I*b*; R' = H, R = CH_2—CH=CH—C_6H_5), aiguilles incolores, F 196° (du xylène); *hydroxy-1 phényléthyl-3 phtalazone-4* (I*b*; R' = H, R = CH_2—CH_2—C_6H_5), aiguilles incolores F 174-175° (du xylène); *n.dodécyloxy-1 n.dodécyl-3 phtalazone-4* (I*b*; R = R' = *n*.$C_{12}H_{25}$), huile visqueuse, $É_{0,5}$ 270-275° jaune pâle, très soluble dans l'huile; *n.dodécyloxy-1 benzyl-3 phtalazone-4* (I*b*; R = $CH_2C_6H_5$, R' = *n*.$C_{12}H_{25}$), huile jaune pâle, épaisse, $É_{10}$ 325°; *allyloxy-1 allyl-3 phtalazone-4* (I*b*; R = R' = CH_2—CH=CH_2), huile jaune pâle, $É_{12}$ 200-202°.

Le fait que la phénylhydrazine possède par elle-même une certaine activité contre le bacille de Koch ([1]), nous a conduits à étudier également une série de dérivés alcoylés et arylalcoylés de la phtalylphénylhydrazine (I*a*; R = C_6H_5 ou I*b*; R' = H; R = C_6H_5). Compte tenu des travaux de Rowe, Gillan et Peters ([3]) sur la structure des dérivés méthylé et éthylé déjà connus, nous assignons à nos dérivés nouveaux la structure phtalazone (I*b*). Voici quelques exemples de ces corps :

(*) Séance du 20 juin 1949.

([1]) J.-P. Jouin et M. P. Buu-Hoï, *Ann. Inst. Pasteur*, 72, 1946, p. 580.

([2]) F. M. Rowe et A. T. Peters, *J. Chem. Soc.*, 1933, p. 1331.

([3]) F. M. Rowe, J. G. Gillan et A. T. Peters, *Ibid.*, 1935, p. 1808.

n.propoxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4 (I*b*; $R = C_6H_5$, $R' = n.C_3H_7$), aiguilles incolores, F 75° (du méthanol), $É_{12}$ 255-258°;

isopropoxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4 (I*b*; $R = C_6H_5$; $R' = i.C_3H_7$), aiguilles incolores, F 112° (de l'alcool), $É_{18}$ 265-275°;

allyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4 (I*b*; $R = C_6H_5$, $R' = CH_2—CH{=}CH_2$), aiguilles brillantes, jaune très pâle, F 141° (de l'alcool);

isobutoxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4 (I*b*; $R = C_6H_5$, $R' = i.C_4H_9$), longues aiguilles faiblement jaunâtres, F 99° (du méthanol), $É_{12}$ 258-260°;

isoamyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4 (I*b*; $R = C_6H_5$, $R' = i.C_5H_{11}$), longues aiguilles, F 58-59° (du méthanol), $É_{12}$ 265-270°;

n.hexyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4 (I*b*; $R = C_6H_5$, $R' = n.C_6H_{13}$), huile visqueuse jaune pâle, $É_{0,5}$ 230-235°;

n.octyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, huile visqueuse, $É_{0,5}$: 242-247°;

n.dodécyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, huile jaune épaisse, $É_{0,5}$: 255-260°;

n.cétyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, huile jaune très épaisse, $É_{0,5}$: 285-295°, se solidifiant en une cire;

n.octadécyloxy-1-*phényl*-3 *phtalazone*-4, prismes onctueux, F 55° : (de la ligroïne);

n.oléyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, huile jaune assez fluide, $É_{0,5}$: 298-300°;

benzyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, aiguilles soyeuses, F 208° (de l'alcool), $É_{12}$: 295-302°;

p.méthoxybenzyloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, aiguilles jaunâtres, F 215° (de l'alcool), $É_{0,5}$: 280° environ;

β-*phényléthoxy*-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4 (*ibid.*; $R = C_6H_5$, $R' = (CH_2)_2C_6H_5$) prismes jaunâtres, F 124° (de l'alcool), $É_{12}$: 304-305°;

chaulmoogryloxy-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, huile jaune, $É_1$: 300-320°;

diméthyl-2′5′*benzyloxy*-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4, aiguilles jaunâtres (de l'alcool), F 206-207°, $É_{0,5}$: 255-258°;

β, γ-*dihydroxypropoxy*-1 *phényl*-3 *phtalazone*-4

$$(\textit{Ibid.};\ R = C_6H_5,\ R' = CH_2 - CHOH - CH_2OH),$$

huile jaune pâle, peu soluble dans l'eau, liposoluble, cristallisant en aiguilles F 82°.

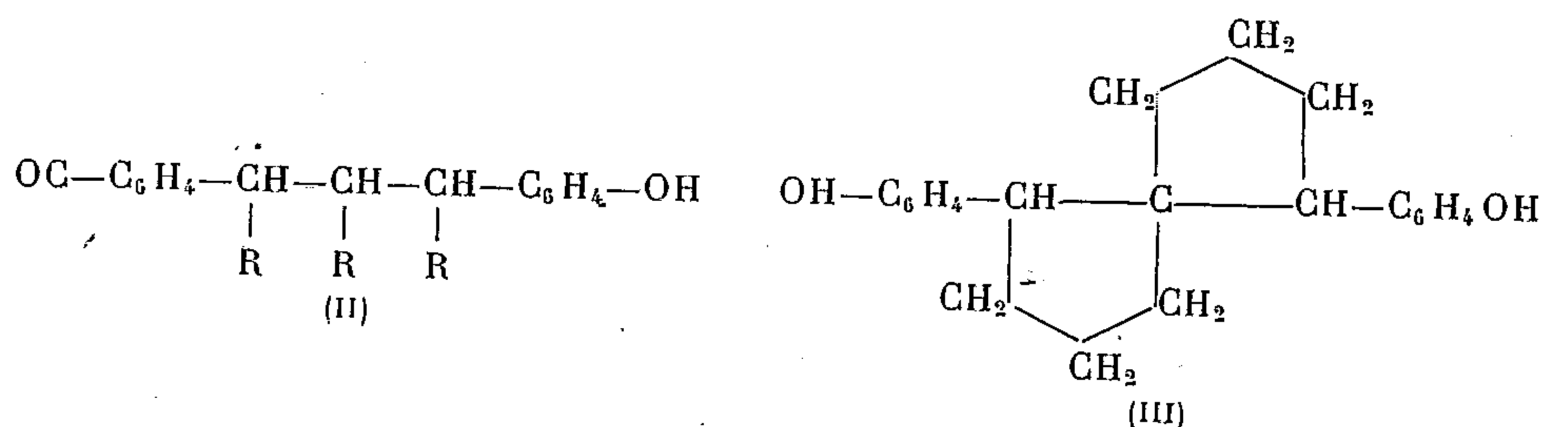
La recherche de l'activité antituberculeuse sur ces corps a été faite *in vivo* à l'aide d'une technique analogue au test de Martin ([4]), consistant à injecter à des souris, par voie intraveineuse, une dose de bacilles *humains* produisant la mort des témoins entre 15 et 25 jours; l'activité du produit à étudier (injecté soit par voie sous-cutanée, soit par voie intraveineuse), est estimée d'après la durée de survie des animaux traités. Dans ces conditions, certains de nos com-

([4]) A. R. Martin, *J. Path. and Bact.*, 58, 1946, p. 580.

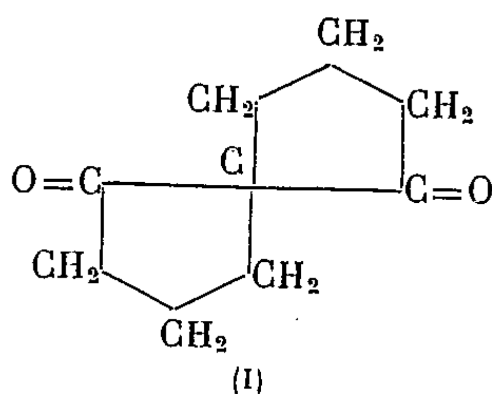
posés tels que l'isoamyloxy-1 phényl-3 phtalazone-4, se montrent nettement plus actifs que les chlorhydrates de streptomycine et de dihydrostreptomycine, utilisés comme substances de référence (les essais portent en général sur des séries de 200 animaux). Des recherches analogues sont en cours sur des dérivés nitrés, aminés, halogénés des phtalylhydrazines, ainsi qu'avec la quinoléinyl-hydrazine (aza-5 phtalazdione-1.4) et la cinchoméronylhydrazine (aza-6 phtalazdione-1.4) et leurs analogues et dérivés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dicéto-2.2' spirodicyclopentane.* Note de M. **Alain Horeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

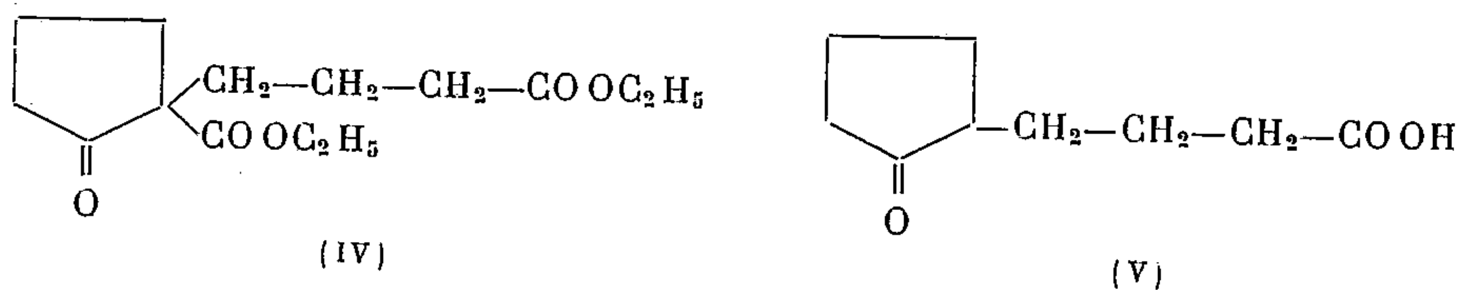
On sait que certains dérivés du dihydroxydiphénylpropane tels que (II), présentent une forte activité œstrogène ([1]); il m'a paru intéressant, pour diminuer le nombre des isomères et examiner l'effet d'une double cyclisation,



d'envisager la préparation du produit (III) qu'on pourrait obtenir, théoriquement, par action du bromure de *p*-méthoxyphénylmagnésium sur la dicétone (I); la préparation de cette dicétone ou dicéto-2.2' spirodicyclopentane, fait l'objet de cet exposé :

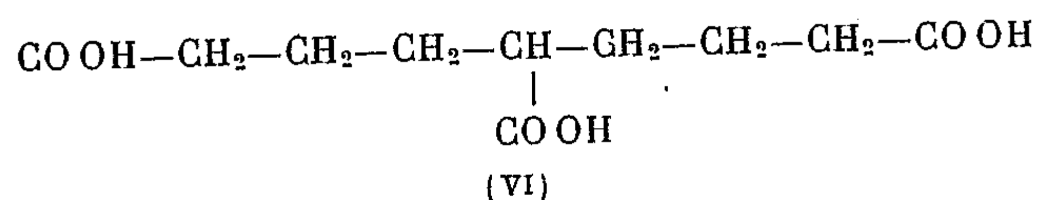


On pouvait espérer l'obtenir à partir de la cétone diester (IV), produit de condensation du γ-bromo-butyrate d'éthyle sur l'éther de Dieckmann (ou cyclopentanone α-carbonate d'éthyle) ([2]) ([3]),



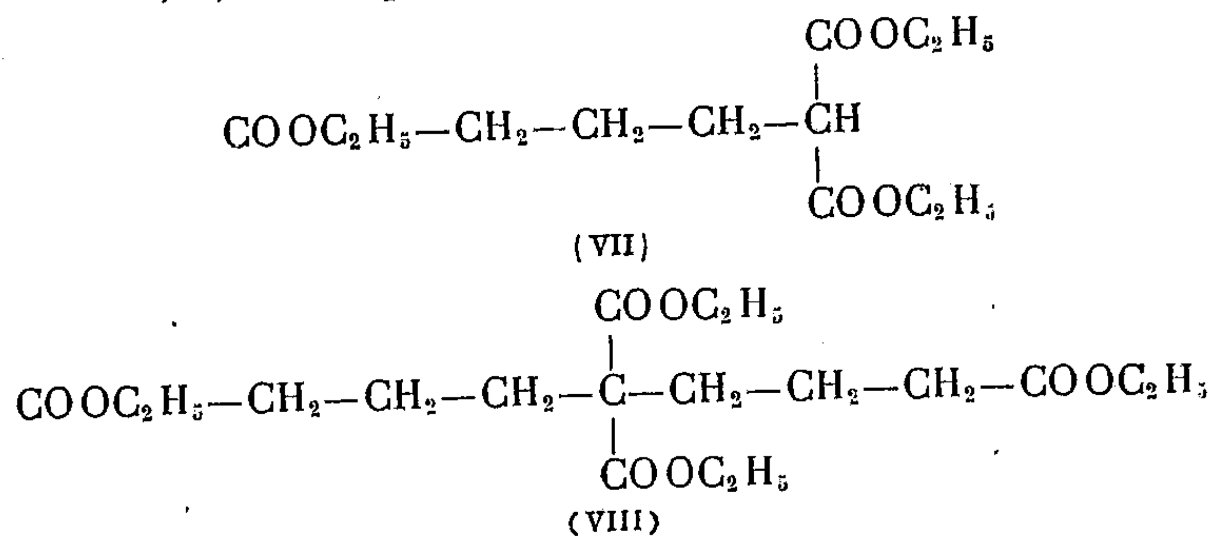
([1]) Stuart et coll., *J. Am. chem. Soc.*, 68, 1946, p. 729.
([2]) Horeau, Thèse université de Nancy 1933.
([3]) Bachmann et Struve, *J. Am. chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2589.

mais cet ester β-cétonique s'ouvre sous l'action de la soude pour donner un acide heptane tricarboxylique (VI) : F 120°; Tr. C 51,9; H 7,0; calc. C 51,8; H 6,95 pour $C_{10}H_{16}O_6$. Masse moléculaire calculée 232; trouvée par acidimétrie 230,4 (pour un tri-acide).



De la même manière l'action de l'éthylate de sodium conduit au triester correspondant.

Nous avons donc employé une autre méthode : la condensation du γ-bromobutyrate d'éthyle sur le malonate d'éthyle sodé fournit le butane tricarboxylate d'éthyle (VII), $É_{18}$ 179-182°, déjà connu et dont la saponification fournit l'acide correspondant, F 130°. L'action d'une nouvelle molécule de γ-bromobutyrate d'éthyle sur le triester (VII) en présence de la quantité théorique de sodium dans l'alcool rigoureusement absolu conduit au tétraester nouveau (VIII) ou heptane tétracarboxylate d'éthyle $É_{20}$ 235°-238°, F 28°,5-29°. Tr. C 58,9; H 8,2; Calc. C 58,8; H 8,3 pour $C_{19}H_{32}O_8$.



Par saponification on obtient un acide heptane-tétracarboxylique, insoluble dans l'éther, notablement soluble dans l'eau : Tr. : C 47,8; H 5,7; Calc. C 47,8; H 5,8 pour $C_{11}H_{16}O_8$. Masse moléculaire calculée 276, trouvée par acidimétrie 277 (pour un tétracide). Cet acide malonique n'a pas de point de fusion et perd, à partir de 130°, la quantité théorique de gaz carbonique pour donner l'acide heptane tricarboxylique (VI), déjà obtenu par la voie indiquée ci-dessus. En raison de cette grande instabilité, la cyclisation en dicétone bicyclique doit se faire avec de grandes précautions : on ajoute un excès d'anhydride acétique au tétraacide et porte à 60° maximum; après une douzaine d'heures on distille sous pression réduite au bain-marie à 60° l'acide acétique qui a pu se former et l'on ajoute un volume égal d'anhydride acétique. On recommence plusieurs fois l'opération et le tétraacide finit par se dissoudre complétement en se transformant en dianhydride. On évapore alors complètement sous vide et l'on obtient une résine très épaisse, en grumeaux qui se dépo-

lymérise lentement par chauffage sous vide à 250° pendant une heure. Il se forme peu à peu une huile foncée, mais fluide qui se décarboxyle et la dicétone incolore passe à 125-130°/22mm. Rdt : 40 %. C'est un solide, F 41°-42°, gros cristaux (éther de pétrole).

Tr. C 70,9; H 7,95; Calc. C 71,0; H 7,95 pour $C_9H_{12}O_2$. Dioxime F = 234-235° (fines aiguilles). Tr. N, 15,7; calc. N, 15,4 pour $C_9H_{14}O_2N_2$.

Cette dicétone β est très sensible aux alcalis et l'on peut la titrer à la soude N/10 comme un acide organique. Masse moléculaire trouvée 158,5; Calculée 152. En revenant en milieu acide, on obtient l'acide liquide V qui est le même que celui que l'on obtient par décarboxéthylation de la cétone diester IV. Mêmes esters de *p*-phénylphénacyle, F 75°-76°. Tr. C 75,6; H 6,4; Calc. C 75,8; H 6,6 pour $C_{23}H_{24}O_4$.

Ce dicéto 2-2′ spirodicyclopentane ne possède pas de carbone asymétrique, mais est théoriquement dédoublable. Malgré sa fragilité, des essais sont en cours pour son dédoublement optique.

GÉOLOGIE. — *Le Pliensbachien autour du Morvan.*

Note de M. **René Mouterde**, transmise par M. Gaston Delépine.

L'étude des faciès de chaque étage autour du Morvan permet de se faire une idée de l'état de submersion où se trouvait le massif ancien au cours du Lias. Pendant le Pliensbachien, au sens français du terme, j'ai constaté une répartition remarquable des faciès marneux et calcaires.

1. Sur les bordures Ouest, Nord et Nord-Est règne un faciès marno-calcaire assez épais et uniforme.

A l'Ouest, c'est le niveau des calcaires à ciment de Corbigny : au-dessus d'un Lotharingien supérieur marno-calcaire à *Euechioceras* sp., *Deroceras* sp., viennent 9m de marnes alternant avec des calcaires marneux; on peut y distinguer de bas en haut : 1° une zone à *Uptonia Jamesoni* Sow. avec *Phricodoceras Taylori* Sow. à la base et l'espèce indice au-dessus; 2° une zone à *Tragophylloceras Ibex* avec de nombreux *Acanthopleuroceras* et *Tropidoceras* à la base et, plus haut, *Liparoceras* sp., *Beaniceras* sp.; 3° une zone à *Prodactylioceras Davœi* : un horizon inférieur à nombreux *Ægoceras*, *A. maculatum* Y. et B., *Æ. latæcosta* Sow. est recouvert par un lit de quelques centimètres de *P. Davœi* Sow. puis par des *Ægoceras* associés à des *Oistoceras*. Les Ammonites sont généralement accumulées à la surface de certains bancs. Les Bélemnites sont abondantes dans toutes les couches comme d'ailleurs dans les autres faciès.

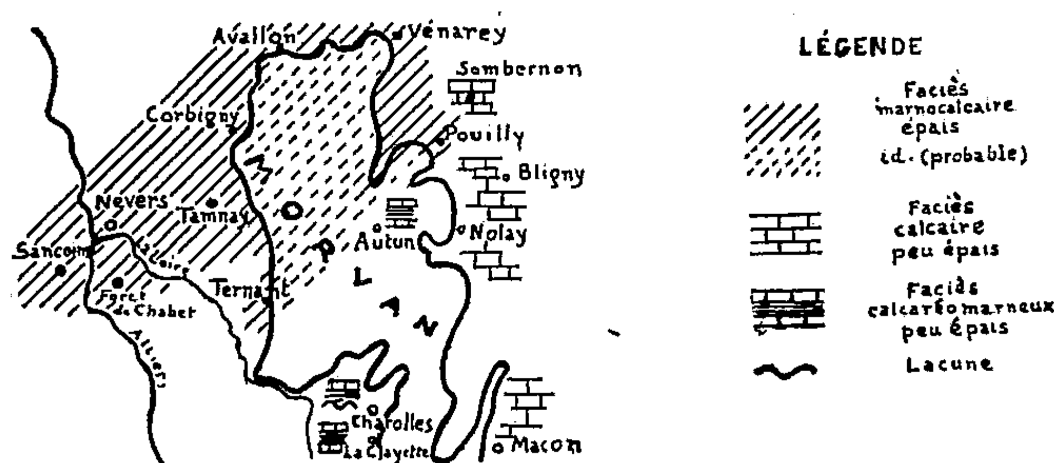
---

(1) *C. R. Somm. S. Géol. Fr.*, 1946, p. 325.
(2) Collenot, *Géologie de l'Auxois*, p. 257-261.

Ce type marno-calcaire est constant dans toute la région nivernaise : Tamnay, Anlezy, Forêt de Chabet (sondage 12^m) et à Ternant, en lisière du Morvan.

Plus à l'Ouest l'étage, toujours marneux, s'épaissit (20^m ou davantage); les Ammonites pyriteuses sont fréquentes près de Sancoins et dans les gisements classiques du Cher, Les Cottards, le Bois de Trousse, dont la stratigraphie détaillée n'est plus possible aujourd'hui.

Sur la bordure Nord, j'ai décrit (1) ce même faciès en détail à Avallon où il a une puissance de 9^m. Au Nord-Est, il constitue les calcaires à ciment de Vénaray (10^m) qui se poursuivent le long du canal de Bourgogne jusqu'à Pouilly (2). On le trouve encore, plus au Sud, mais immédiatement à l'Est du massif ancien, à Manlay (7 à 8^m).



Dans ces régions, les marnes et les calcaires marneux tendres alternant correspondent, comme le confirme la faune de Foraminifères, à une accumulation de boues dans une zone calme du plateau continental; un rythme dans le dépôt expliquerait la localisation des Ammonites en certains lits.

2. A une plus grande distance à l'Est du Morvan et dans tout le Sud-Est règne un faciès calcaire peu épais.

A Sombernon, l'étage est très réduit : 1 ou 2 bancs de 10 à 15^{cm} de calcaire marneux gris compact à oolithes à patine noire; ils renferment à la fois *Asteroceras obtusum* Sow (remanié), *Uptonia. Jamesoni* Sow., *Prodactylioceras Davœi* Sow., *Amaltheus margaritatus* Montf.

Près de Bligny-sur-Ouche, la série est un peu épaisse (1 à 2^m) : à la base, calcaire marneux à petites oolithes à patine noire avec *U. Jamesoni* Sow. et au sommet marnes et calcaires marneux à *P. Davœi* Sow.

A Nolay, on observe à la base, sur 2^m, un calcaire crinoïdique avec oolithes recristallisées à patine brune renfermant *U. Jamesoni* Sow., *U. venustula* Dum., puis *Tropidoceras Demonense* Gem., *T. Futtereri* Spath et, au-dessus, 1^m environ de calcaire marneux et de marnes à *P. Davœi* Sow. et *Ægoceras*.

A Curgy, près d'Autun, l'étage est formé de 2^m de marnes et calcaires marneux, la base peu fossilifère contient de petites oolithes ferrugineuses; la partie supérieure est datée par *P. Davœi* Sow.

Dans le Mâconnais, on retrouve le type de Nolay, mais la zone supérieure à *P. Davœi* est plus réduite ($0^m,40$) et plus calcaire.

Au Mont-d'Or lyonnais, le Pliensbachien, toujours peu épais, 1 à 3^m selon les points, comprend le *Lias rouge* et le *Lias à Belemnites* des anciens auteurs. C'est un calcaire marneux brun ou rouge qui renferme souvent des croûtes ferrugineuses ou des oolithes ferrugineuses, mais toutes les zones sont présentes : *U. Jamesoni* Sow., *Acanthopleuroceras Valdani* d'Orb., *Tropidoceras Masseanum* d'Orb., *Prod. Davœi* Sow.

3. Au Sud du Morvan, près de Charolles, notre étage, formé de marnes et de calcaire marneux, garde une faible épaisseur (1 à 2^m); les zones inférieures sont très réduites, parfois elles manquent totalement (Tortecelle, commune de Champlécy); je n'ai rencontré aucune *Uptonia* dans la région. Près de la Clayette, la série toujours calcaréo-marneuse et peu épaisse (1 à 2^m) est cependant complète, toutes les zones sont représentées.

En résumé, au Pliensbachien, les bordures Ouest et Nord du Morvan et une étroite lisière à l'Est montrent des dépôts de type marneux épais qui semblent indiquer une zone calme de la plateforme continentale; le Morvan devait être entièrement submergé. Au contraire, au Sud et à quelque distance à l'Est, les dépôts sont peu épais et calcaires, un peu plus marneux vers le Sud; dans les deux zones inférieures on observe fréquemment des oolithes ferrugineuses ou non, des croûtes ferrugineuses, des lacunes plus ou moins importantes qui révèlent une instabilité et une plus grande agitation des eaux. C'est là que devait se situer le domaine des courants et peut-être les hauts fonds. Cette disposition est déjà esquissée au Lotharingien supérieur qui est plus marneux et plus épais à l'Ouest qu'à l'Est.

MÉTALLOGÉNIE. — *Découverte de wolfram microscopique dans les assises minéralisées de la Loubatière (Montagne Noire). Sa signification pour la métallogénie du gisement plombeux.* Note de M. **Henri Vincienne**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Le gisement se trouve dans une épaisse lentille calcaire, partiellement dolomitique, intercalée dans les schistes cristallins, attribués au Géorgien. L'ensemble est recoupé par le granite des Martys, qui forme les massifs de la Forêt de la Loubatière et de la région de Lacombe, à l'Est et à l'Ouest du gîte. Le gîte exploité consiste en galène, faiblement argentifère, accompagnée d'une petite quantité de blende, apparaissant souvent comme de haute température, avec chalcopyrite, pyrite, marcasite, pyrrhotine et très peu de quartz tardif (1). Il est interstratifié dans un horizon assez constant et continu, épais d'un mètre au maximum, de la série calcaire et plonge régulièrement vers l'W et le NW, au plus de 30°.

(1) Le mispickel a en outre été observé dans les assises du mur.

Le wolfram a été découvert au mur du gîte, dans les couches inférieures, un peu schisteuses, de la série calcaire (galerie de la poudrière). Il est en inclusions, monocristallines généralement, de quelques centièmes à quelques dixièmes de millimètre, qui ne sont bien observables qu'aux forts grossissements. Il a été caractérisé en section polie par sa dureté, son faible pouvoir réflecteur, sa coloration gris beige en lumière naturelle, sa vive anisotropie, son polychroïsme, visible dans quelques plages à structure d'agrégat. Les réflexions internes du minéral, quoique rares, ne sont pas absentes. La détermination du wolfram a été contrôlée par une analyse spectrographique, effectuée au Laboratoire de Chimie de l'École des Mines, sous la direction de M. Boullé, sur la poudre prélevée dans les plages à wolfram de la section polie. Le spectre obtenu contenait les raies ultimes du tungstène, nettes, quoique faibles, notamment les raies 3215,7; 2947,1; 2944,5; 2896,5; 2831,5; 2724,4; 2681,5. En outre il a montré l'existence du titane. Une autre analyse spectrographique, effectuée au Laboratoire de Chimie du *B. R. G. G.*, sur le résidu enrichi par traitement chimique de l'échantillon, a confirmé la présence du tungstène, en faible quantité.

Les plages de wolfram sont associées, dans les lits schisto-calcaires, à des inclusions de pyrrhotine, assez abondante, de pyrite. parfois de chalcopyrite, de marcasite, de blende et de sphène. Elles apparaissent comme corrodées par des produits d'altération peu réfléchissants et sont parfois chemisées par du sphène bien caractérisé; l'analyse spectrale a d'ailleurs confirmé la coexistence du titane et du tungstène dans la poudre prélevée sur les plages de wolfram. Il y a là une curieuse convergence de formes avec les aspects d'altération de l'ilménite en sphène. D'autre part, au voisinage immédiat des strates à wolfram et à minéralisation sulfurée, on peut observer des veinules quartzeuses à grandes biotites, et des lits à biotite, muscovite, amphibole incolore du groupe pargasite-hornblende, sphène, tourmaline.

L'association intime, dans les mêmes lits schisteux, des sulfures avec le wolfram et avec des minéraux de métamorphisme, tels que le sphène, semble indiquer que ces divers minéraux appartiennent à la même paragenèse et qu'ils sont en liaison avec le métamorphisme granitique — le granite hercynien des Martys affleure à 800^{m} environ et peut-être est-il plus proche en profondeur. Et, bien que nous n'ayons pas observé de wolfram dans les couches exploitées, il est probable que ces couches appartiennent également à la même paragenèse, d'autant plus que la minéralisation sulfurée s'y trouve en étroite relation avec de la phlogopite, de la biotite, de l'amphibole du groupe pargasite-hornblende, du pyroxène et de la tourmaline.

Ces observations, et d'autres, qui seront exposées ailleurs en collaboration avec E. Raguin, indiquent un métamorphisme intense de la série schisto-calcaire de la Loubatière, lié à l'auréole des intrusions granitiques environnantes, et non au front des migmatites de la Montagne-Noire, et montre une connexion

étroite entre ce métamorphisme et le gisement plombo-zincifère exploité. Celui-ci serait, non hypothermal, comme E. Raguin et moi-même l'avons exprimé dans une Note antérieure ([2]), mais *pyrométasomatique* dans le calcaire et directement émané des contacts granitiques voisins. L'absence presque totale des gangues hydrothermales habituelles, en dehors de la calcite et de la dolomie provenant de la roche encaissante, corrobore cette hypothèse. Le gisement de la Loubatière semble donc appartenir à un type métallogénique, inconnu jusqu'ici en France.

D'autres gisements métalliques du versant Sud de la Montagne-Noire, bien que filoniens et hydrothermaux, font partie du même cortège de manifestations consécutives à la mise en place du granite hercynien ; celui de Salsigne-Villanière, en particulier, hypothermal, s'apparente bien, par la présence du wolfram, que nous y avons déjà signalé ([3]), au même complexe métallogénique.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le minimum barométrique de Saint-Raphaël et le climat du littoral Sud-Est méditerranéen.* Note (*) de M. **E. Rougetet**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

On attribue généralement en France l'avantage climatique dont jouit la Côte d'Azur à l'écran des Maures et de l'Estérel qui paraissent la préserver des perturbations atlantiques et aussi du mistral.

En réalité cet avantage est surtout le résultat d'un phénomène qui, jusqu'ici, était passé inaperçu par suite de la faible densité des stations d'observations.

Le minimum barométrique de Saint-Raphaël. — Tous les habitués du littoral du Sud-Est, et notamment les pêcheurs, ont pu observer le contraste entre le climat de Nice et celui de Marseille, dont la ligne de démarcation paraît se situer aux environs du méridien de Saint-Raphaël (*fig.* 1).

Le ciel généralement clair ou peu nuageux prédomine à l'Ouest de cette localité où souffle le mistral, tandis qu'à l'Est le temps se couvre, et devient menaçant avec vents d'ESE ou de SE accompagnés de pluie en hiver et d'averses orageuses en été.

L'étude des cartes isobariques montre l'existence vers Saint-Raphaël d'un minimum barométrique qui est à l'origine de ces brusques changements de temps et qui régit d'une façon très marquée la climatologie du Sud-Est et plus particulièrement celle de la Côte d'Azur entre Toulon et Nice.

La formation de ce minimum est d'origine à la fois dynamique et thermique.

Lorsque le flux atlantique, après l'escalade des Cévennes, redescend plus sec et plus froid sous forme d'un mistral irrégulier, s'engouffrant dans la voie

([2]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1953.
([3]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1114.
(*) Séance du 13 juin 1949.

naturelle offerte par la vallée du Rhône pour aller combler la dépression méditerranéenne, il se produit à l'Est de cette énorme masse d'air en mouvement rapide, une succion qui tend à faire participer, par friction, les filets d'air de la zone calme au flux général.

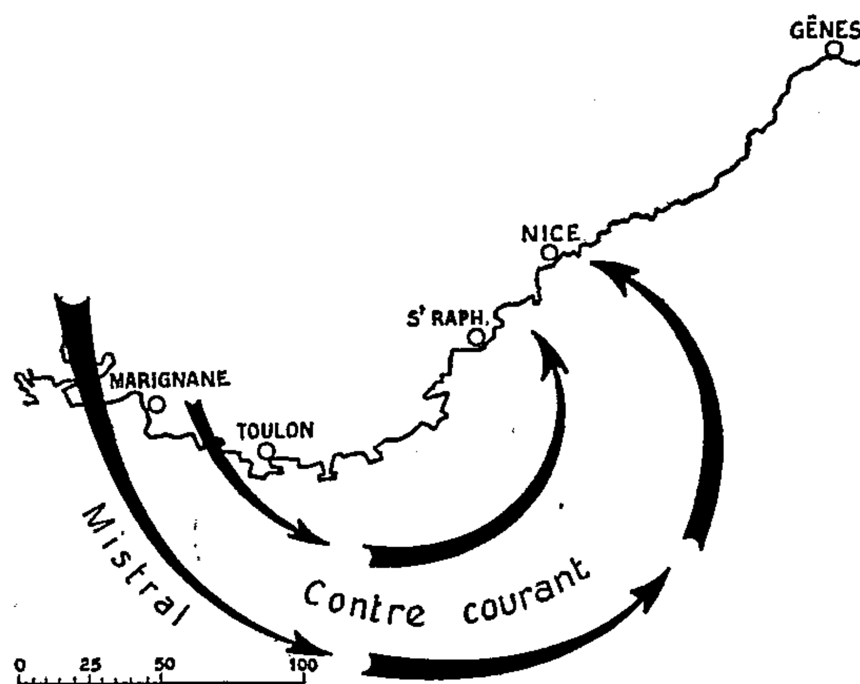


Fig 1

Ce phénomène, peu décelable à l'échelle atmosphérique, est par contre bien visible dans les souffleries et mieux encore, dans le lit des fleuves où il est parfaitement matérialisé.

La succion de l'air calme vers le grand courant du mistral détermine en effet une dépression dynamique, dans la plaine de Saint-Raphaël-Fréjus (*fig.* 2).

A ce jour s'ajoute l'influence de l'insolation, accentuant encore le minimum pour donner naissance d'un flux à composante ESE à SE.

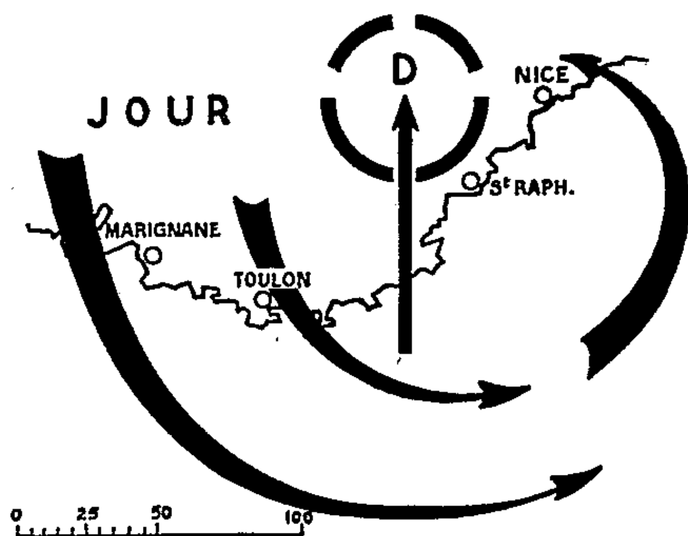


Fig.2

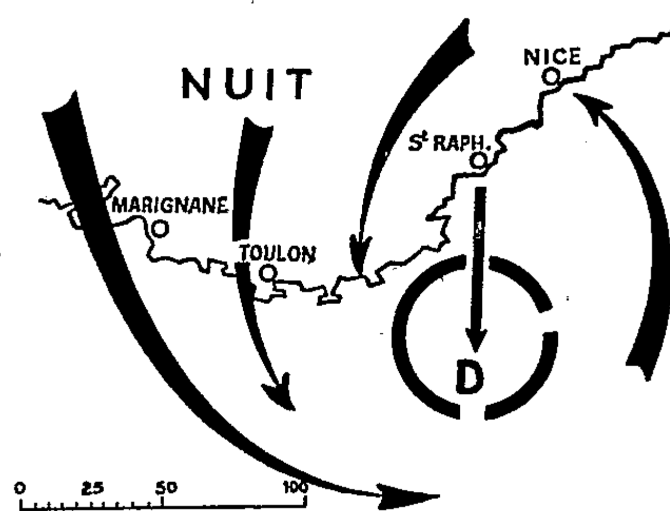


Fig.3

Il est piquant de constater que l'origine de ce flux humide n'est autre que le mistral lui-même qui, sec et frais jusqu'à Toulon, s'étale au large où il se charge d'humidité et, contournant le minimum de Saint-Raphaël revient, sous forme de branche dérivée du courant général.

Son contact avec les reliefs côtiers donne naissance par détente à des

formations nuageuses, dont la limite vers l'Ouest est fixée par le souffle du du mistral. Il n'est pas rare alors d'observer à quelques kilomètres seulement à l'Est et à l'Ouest de Saint-Raphaël un temps radicalement différent.

L'action solaire exagère, pendant le jour, la profondeur du minimum; la nuit, elle en modifie la position, le refroidissement de la terre amenant un décalage vers le Sud.

Ces déplacements du minimum barométrique vers la terre le jour et vers la mer la nuit déterminent des changements dans la physionomie locale du ciel et sont à l'origine de ces brusques sautes de vent dont les conséquences furent parfois tragiques pour de petites embarcations.

Ils provoquent même à Toulon des différences marquées dans la direction et la force du mistral. Si le minimum est sur terre, dans la journée, le mistral aura une composante plus Ouest et, étant moins freiné par la chaîne montagneuse du Faron et du Coudon, se manifestera d'une façon plus brutale. Vers le soir, au moment où la terre commence à se refroidir, le minimum glissant vers la mer, le mistral aura de ce fait une composante plus Nord et, après avoir augmenté, faiblira, car le flux de N-NW et NE est atténué par le relief, compte tenu d'ailleurs de l'affaiblissement thermique nocturne (*fig.* 3).

La transition de la zone du mistral à celle du vent d'Est ou de SE est sensible pour un observateur au sol par la brusque rotation du vent qui change de cap. Elle se matérialise dans toute son ampleur, pour les aviateurs de la base aéronavale de Saint-Raphaël, qui voient les lignes de flux frangées d'écume délimiter sur la mer la discontinuité entre le mistral, et le contre-courant de SE.

Sans entrer dans le détail des statistiques, notons que le climat est plus sec à l'Ouest de Saint-Raphaël qu'à l'Est, où les vents de SE prédominent. Même différence de nébulosité. La température, elle-même, est plus élevée à l'Est de Saint-Raphaël qu'à l'Ouest où le mistral fait encore sentir son action.

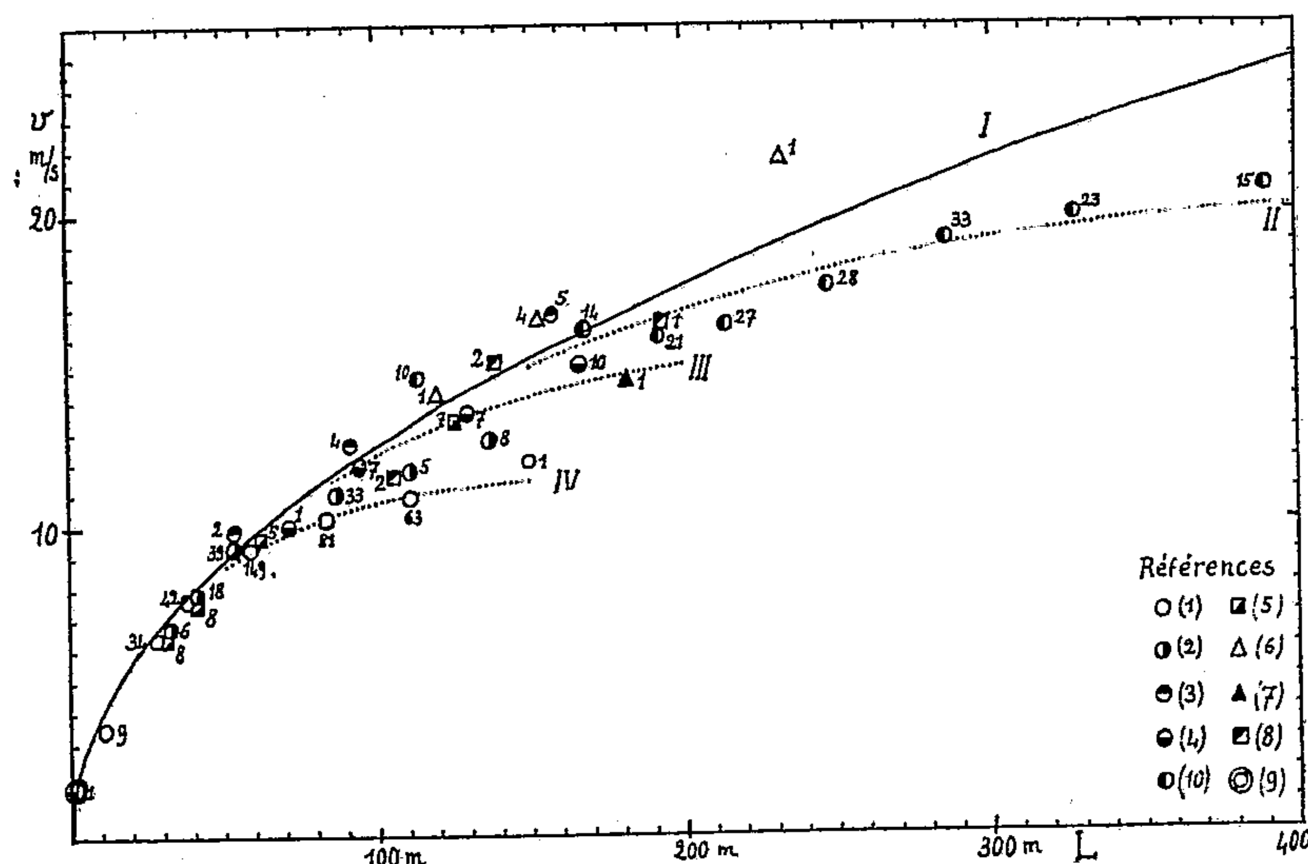
OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la vitesse de propagation de la houle.*

Note de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

Les observations internationales de la houle, organisées, sur l'initiative de G. Roux, du 14 au 19 novembre 1938, et qui ont été récemment publiées (1) ne vérifient les formules de Gerstner $L = gT^2/2\pi$ et $v = gT/2\pi$, que pour les périodes inférieures à 7 secondes; au delà les éléments moyens L et v présentent un écart important par défaut, dont les erreurs de mesure ne fourniraient pas une explication suffisante, car des navires différents ont simultanément observé dans la même région, avec de grandes périodes, des longueurs d'onde du même ordre, inférieures à la valeur théorique [(1) p. 25].

(1) Koninkl, *Nederl. Meteorol. Inst.*, 126, 1946, p. 28.

A la suite de cette constatation, j'ai examiné les mesures antérieures de la houle. Elles ont été, suivant les valeurs croissantes de la longueur d'onde, réparties en groupes dont la vitesse de propagation v et la longueur d'onde L moyennes ont été calculées et portées sur le graphique ci-dessous : pour les longueurs d'onde supérieures à 60^{m}, les valeurs de v se placent, dans leur grande majorité, au-dessous de la courbe $v = \sqrt{gL/2\pi}$, sauf pour quelques cas isolés dont il sera question plus loin.



Courbe I : $v^2 = \frac{gL}{2\pi}$; courbes II, III, IV : $v^2 = \frac{gL}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi h}{L}$, avec $h = 50^{m}, 30^{m}, 15^{m}$, respectivement.

Auprès de chaque point est indiqué le nombre d'observations qu'il représente.

L'allure des séries d'observations fait songer à une propagation en eau peu profonde pour laquelle la vitesse serait donnée par $v^2 = (gL/2\pi) \operatorname{th}(2\pi h/L)$, ceci bien que les mesures aient toutes été faites au large; il est même possible, en calculant h, profondeur de l'eau qui correspond à l'écart des observations avec la valeur de v en eau profonde, d'arriver pour chaque série à des valeurs concordantes :

---

(2) ARAGO, *Ann. hydrogr.*, 2e série. 1916, p. 19-46.

(3) Observations de PARIS sur le *Jean Bart*, *Rev. marit. colon.*, 42, 1874, p. 646 (mers de vent).

(4) *Ibid.*, p. 645 (observations de houle libre).

(5) GASSENMAYR, *Mitteil. a. d. Geb. Seewesens*, Pola, 24, 1896, p. 190.

(6) ABERCROMBY, *Philos. Mag.*, 25, 1888, p. 263.

(7) SCORESBY, *British. Ass. Adv. Sc.*, Rep. 1850, Meeting, suppl. p. 26.

(8) Observations de la *Gazelle* d'après KRUMMEL, *Hadb. d. Ozeanogr.*, vol. II, p. 41.

(9) CORNISH, d'après SVERDRUP et MUNK, *H. O. Publ.*, 601, 1947, p. 40, ligne 114.

(10) Étude sur l'agitation microséismique, *Ann. Inst. Phys. Globe*, 19, Paris, 1941, p. 38.

Série (1)	L	60m		84m		112m	150m
	h	15m,5		14m,9		14m,9	17m,2
Série (2)	L			87m		112m	137m
	h			19m,5		18m,8	21m,6
Série (4)	L			95m		130m	166m
	h			28m,9		33m,8	36m,8
Série (10)	T	12s	13s	14s	15s	16s,5	18s,8
	L	192m	214m	247m	286m	328m	390m
	h	39m,4	38m,4	44m,5	52m,5	54m,1	54m,6

Ces valeurs de *h* appellent un rapprochement avec la présence, à des profondeurs variables, le plus souvent de l'ordre de 20 à 40m, parfois 80m et plus, de discontinuités, ou plus exactement de gradients verticaux très marqués de la densité de l'eau, qui séparent des couches d'eau de caractéristiques différentes (11). Les observations conduisent donc à admettre qu'une influence analogue à celle d'un fond solide peut être exercée sur la houle de surface par les transitions internes de la masse d'eau.

Pour les houles de grande période observées sur la côte du Maroc, l'étude de leur intervalle de temps avec l'agitation microséismique avait conduit à des valeurs de la vitesse qui n'étaient pas proportionnelles à la période (10). L'hypothèse précédente explique cette anomalie apparente. Au contraire, l'effet Doppler, correspondant au déplacement par rapport à l'observateur des dépressions origine de la houle, donne des vitesses de cette dernière proportionnelles à la période [(10) p. 44]. On conçoit aisément que dans la zone des perturbations atmosphériques, la stratification régulière de la mer puisse être détruite par l'agitation désordonnée des éléments, et que les caractéristiques de la houle y soient alors celles de la propagation en eau profonde.

Cette remarque rendra compte des vitesses observées par Pâris pour les *mers de vent* (3), plus élevées que pour la houle (4), ainsi que des observations de la *Gazelle* (8) et d'Abercromby (6) faites au cours de violentes tempêtes. Dans ce dernier cas on devrait encore, pour des vagues très hautes, tenir compte de la correction de Stokes (12) qui correspond à une légère augmentation de la vitesse théorique.

Il semble, en résumé, qu'il soit nécessaire de tenir compte, dans l'étude de la transmission de la houle à longue distance, de la structure stratifiée des eaux océaniques.

---

(11) P. Bernard, *Les marées internes* (*Ann. Inst. Océanogr.* Paris, 22, 1945, p. 145-192).
(12) *Trans. Cambr. Phil. Soc.*, 8, 1844, p. 450.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le noyau et la mitose chez* Limodorum abortivum. Note de MM. **Georges Malvesin-Fabre** et **Jean Eymé**, transmise par M. Pierre Dangeard.

L'étude caryologique des *Limodorum abortivum*, orchidée indigène saprophyte et symbiotique à racine charnue, était intéressante à entreprendre. La rencontre d'une colonie suffisante nous en a fourni l'occasion.

Dans le parenchyme radical, le noyau *acinétique* présente une structure granulo-réticulée très dense avec de très nombreux chromocentres nodaux et, çà et là, quelques empâtements du réticulum, sortes d'ébauches de chromocentres composés. Parfois, des granulations chromatiniennes jalonnent les tractus du réticulum. Le nucléole est très gros, les nucléoles secondaires rares. La double coloration de Yu montre, en outre, la forte densité du granulo-réticulum, l'extrême rareté des chromocentres principaux, l'existence fréquente d'un corpuscule chromatinien juxta-nucléolaire et celle d'une auréole périnucléolaire occupée par un réticulum Feulgen-positif assez lâche avec épaississements nodaux.

Dans le méristème radical, le noyau *intermitotique* possède un granulo-réticulum très fin et clair avec très peu de chromocentres nodaux, mais de nombreux chromocentres bien individualisés, la plupart situés au contact de la membrane nucléaire. Volumineux, subglobuleux, ils sont structurés et unis en un réticulum principal très net. Le nucléole est volumineux et les nucléoles secondaires sont rares. La double coloration de Yu, montre en outre l'intense chromaticité des chromocentres principaux, la présence d'une faible auréole périnucléolaire à fine structure Feulgen-positive et celle de corpuscules chromatiniens juxta-nucléolaires.

Au début de la mitose *en préprophase,* les chromosomes se forment à partir des chromocentres principaux et par la fragmentation du réticulum épaissi; certains peuvent apparaître groupés en bouquet autour d'un nœud central.

En *prophase,* les chromosomes sont d'abord des bâtonnets assez minces et tortueux, puis ils se raccourcissent en s'épaississant sur place. En fin de prophase, la plupart sont très courts et larges. Certains restent relativement allongés, courbes, avec parfois une constriction subterminale. Tous offrent déjà un début de clivage. On constate une chromaticité plus intense du chromosome accolé au nucléole qui perd graduellement sa sidérophilie et cela irrégulièrement pour les divers points de sa masse.

En *prométaphase,* le clivage s'affirme sur les chromosomes groupés dans la région juxta-équatoriale.

En *métaphase,* la plaque équatoriale est d'épaisseur assez régulière. En vue polaire, elle est dense; les chromosomes sont gros, épais, très courts, un petit nombre assez longs, courbés, avec les extrémités renflées, globuleuses. On en

compte $2n = 64$. A partir de l'effacement du nucléole et par la méthode de Yu les chromosomes ont une teinte mixte, assombrie par un mélange de fuchsine et d'hématoxyline.

En *anaphase*, certains chromosomes fils présentent un retard variable. *Le tassement polaire* s'effectue en deux masses d'aspect subrectangulaire avec quelques expansions périphériques formées par les extrémités des chromosomes retardataires. La double coloration de Yu montre dans chaque masse polaire la diffusion uniforme de la substance nucléolaire tandis que par la réaction nucléale de Feulgen employée seule, les chromosomes sont peu discernables, empâtés dans un magma homogène Feulgen-positif.

En télophase, dans chacun des noyaux fils, apparaissent deux ou rarement trois nucléoles élémentaires disposés symétriquement. Les chromocentres apparaissent au milieu d'un ensemble granuleux avec quelques travées perpendiculaires au plan équatorial. Puis ils grossissent, deviennent subglobuleux et les travées chromatiniennes sont de plus en plus irrégulières. Entre temps, dans chaque noyau fils un nucléole se résorbe tandis que l'autre s'accroît. Les nucléoles subsistant sont symétriques par rapport au phragmoplaste.

En post-télophase, les chromocentres principaux se précisent les premiers, puis le reste du matériel chromatinien s'organise en un granulo-réticulum distinct.

Anomalies de la mitose : Il arrive qu'il n'y ait pas formation d'un phragmoplaste et les deux noyaux fils sont alors très rapprochés au milieu d'une zone cytoplasmique dense au centre de la cellule qui reste désormais binucléée.

L'ensemble de nos constatations vient compléter l'important travail de Mme Eftimiu-Heim sur la caryologie des orchidées (1941) dans lequel le *Limodorum* n'avait fourni qu'un matériel insuffisant pour ses recherches.

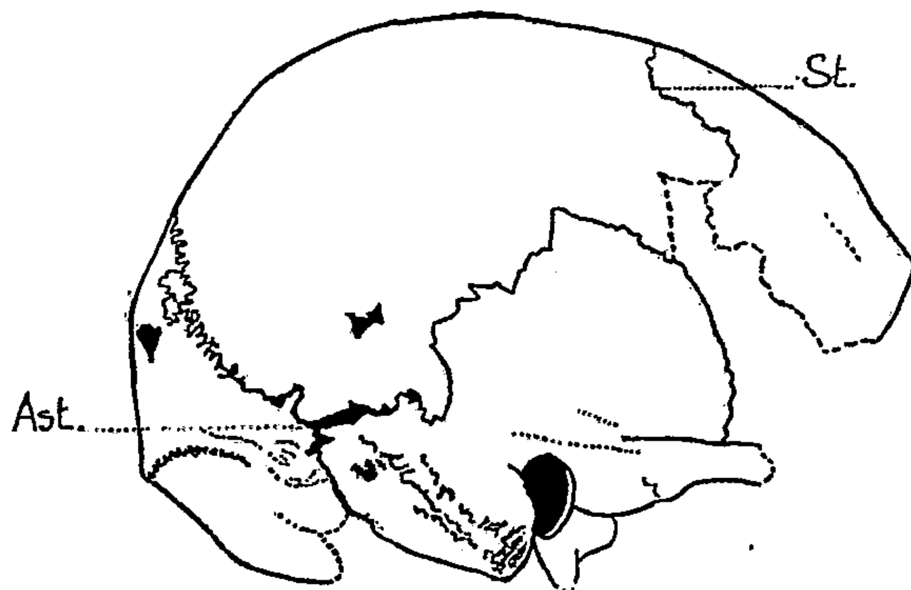
Au point de vue caryologique, *Limodorum abortivum* entre bien dans la catégorie des orchidées à racines hypogées, où le noyau présente généralement une structure granulo-réticulée avec chromocentres ainsi que l'indiquait Mme Eftimiu-Heim, mais ici les chromocentres sont particulièrement nets et de forte taille. Parmi les 64 chromosomes (numération inédite) 58 sont très courts et 6 seulement un peu plus longs. Ce nombre et ce dimorphisme dans la taille des chromosomes éloignent cette espèce du *Neottia nidus-avis*, mais le dimorphisme chromosomique la rapproche de *Listera ovata* et de divers *Cephalanthera*.

ANTHROPOLOGIE. — *Principaux caractères anthropologiques du squelette quaternaire de Memer (Aveyron).* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

M. Louis Marin, Directeur de l'École d'Anthropologie, a bien voulu me confier l'étude d'un squelette humain trouvé dans les conditions ci-après.

M. Delhon, au cours du forage d'un puits à Memer, commune de Vailhourles (Aveyron), rencontra des ossements qui gisaient à $1^{m},60$ de profondeur, dans des argiles marneuses d'âge jurassique : il s'agit donc d'une sépulture. De ce squelette, endommagé par les carriers, il subsiste, à l'état fragmentaire, la tête osseuse et des os des membres.

Sur l'endocrâne, la suture lambdoïde, soudée dans sa partie principale, libre encore dans sa partie astérique, montre que ce sujet, âgé de 42 ans, au moins, n'avait pas atteint 47 ans (W. Todd). Le développement des apophyses mastoïdes implique le sexe masculin. Bien que nous ne possédions, en entier, aucun des os longs des membres, il est certain que l'Homme de Memer était robuste et de grande taille.



Crâne de l'Homme quaternaire de Memer (Aveyron) vu par sa face latérale droite. — Au niveau des fractures, la ligne de contour est en pointillé. — St., stéphanion; Ast., astérion. 1/3 de la grandeur naturelle.

Il se rapproche surtout de l'Homme de Chancelade par sa dolichocéphalie et une série de caractères primitifs; en particulier : sur le *malaire*, la présence de l'apophyse marginale; sur le *maxillaire inférieur*, la largeur considérable de la branche montante, l'allongement de la fossette digastrique, le grand développement de la troisième molaire; dans la région supérieure du *cubitus*, une courbure très accusée à concavité antérieure; sur le *fémur*, une courbure de l'os à concavité postérieure, beaucoup plus forte qu'à l'ordinaire; sur l'*astragale*, l'écartement de la tête, qui indique un écartement considérable du premier orteil.

Certaines dispositions permettent même un rapprochement avec les Hommes néanderthaliens, telles : la largeur du frontal, sa brièveté et sa faible courbure sagittales, la saillie des arcades orbitaires, la présence d'une fossette génienne supérieure.

Enfin, quelques caractères sont déjà ceux des Hommes actuels : le développement de l'écaille temporale, celui de l'apophyse mandibulaire, surtout.

Notre fossile s'éloigne des Négroïdes de Grimaldi par la forme de son crâne, du vieillard de Cro-Magnon, par son indice orbitaire.

Comme l'a noté F. Weidenreich, l'évolution de l'Humanité semble avoir été continue, du Pithécanthrope aux Hommes actuels. A ce point de vue, l'Homme de Memer est du plus haut intérêt : il établit une sorte de transition entre l'*Homo neanderthalensis*, d'une part, la race de Chancelade, d'autre part, certains de ses traits laissant déjà prévoir l'ostéologie des Hommes modernes. De ces caractères anatomiques, on peut déduire que notre fossile a, sans doute, été l'un des contemporains des Artistes de l'Aurignacien qui, à une vingtaine de kilomètres de Memer, dans la Grotte du Pech-Merle, réalisèrent les peintures remarquables que l'on sait (A. Lemozi, 1929).

ENTOMOLOGIE. — *Le développement des neutres chez les Termites supérieurs* (Termitidæ). II. Nasutitermitinæ. Note de M. **Charles Noirot**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Morphologiquement très évolués, comme en témoigne la différenciation de leurs soldats, les *Nasutitermitinæ* présentent un schéma de développement qui se rattache facilement à ceux que nous avons décrits antérieurement ([1]), mais avec d'importantes variations suivant les genres.

Le genre *Nasutitermes* se rapproche beaucoup des *Microcerotermes*. Nos études ont porté sur *N. arborum* Smeath. La mue des larves du 1[er] stade produit d'une part des nymphes, d'autre part deux sortes de larves du 2[e] stade, les plus petites étant à l'origine des petits ouvriers, les plus grandes des grands ouvriers. Dans une colonie normale, l'analyse biométrique permet de reconnaître trois catégories de grands ouvriers, différant par la longueur des pattes et des antennes, et par la chitinisation plus ou moins accentuée, les plus chitinisés ayant les pattes et antennes les plus longues. Les petits ouvriers, au contraire, représentent une catégorie homogène. Les élevages nous ont permis de préciser l'origine et la destinée de chacune de ces quatre catégorie d'ouvriers. Les petits ouvriers muent normalement pour former les soldats blancs (qui à leur tour produisent les soldats); mais quelquefois de cette mue sort un petit ouvrier du 2[e] stade, qui de la même façon peut donner soit un soldat blanc, soit un petit ouvrier du 3[e] stade. Ces formes obtenues dans des élevages uniquement formés de petits ouvriers du 1[er] stade, peuvent se retrouver, en très petit nombre, dans des colonies naturelles.

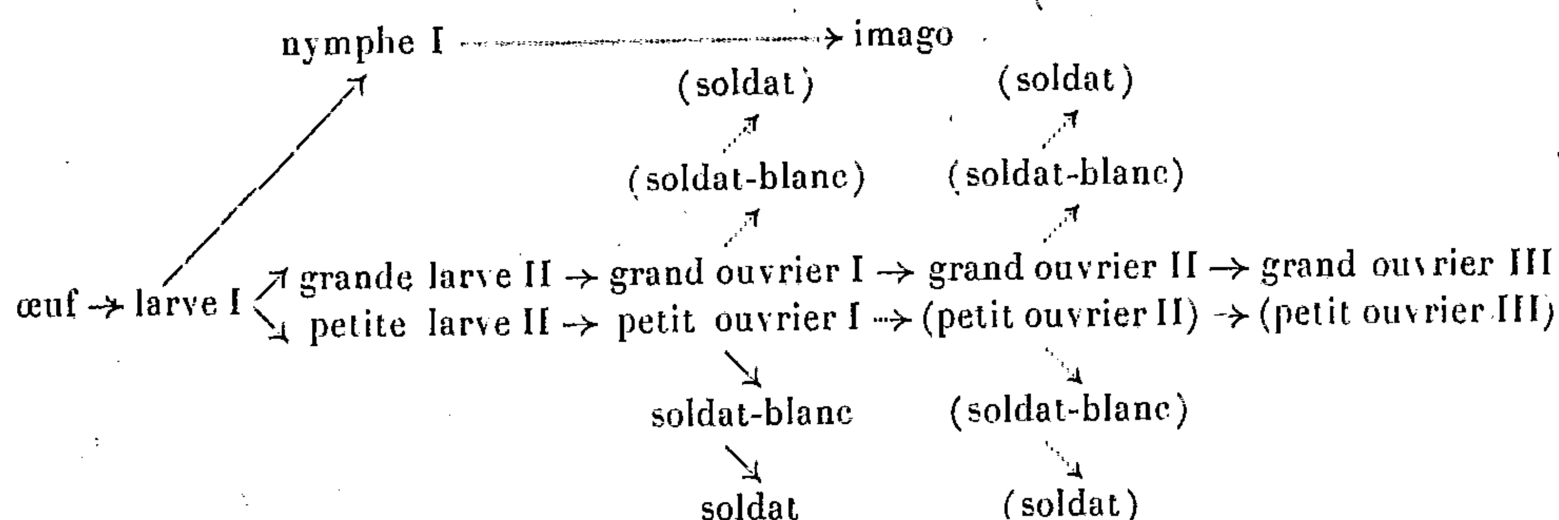
Les grands ouvriers du 1[er] stade, reconnaissables à leur tête à peine pigmentée, muent en grands ouvriers du 2[e] stade, à chitinisation mieux marquée, puis en grands ouvriers du 3[e] stade, très pigmentés. Dans des élevages composés uniquement de grands ouvriers, des soldats-blancs et des soldats de taille un peu supérieure à la normale peuvent apparaître, provenant

---

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 600-602.

de grands ouvriers du 1er et du 2e stade. Cette production de soldats à partir de formes qui normalement n'en produisent pas, ainsi que la formation de petits ouvriers des 2e et 3e stades, se rattache aux phénomènes de régulation sociale.

Nos observations peuvent se résumer dans le schéma suivant :



Le genre *Trinervitermes* présente deux catégories de soldats de taille et de forme très différentes. Nous n'avons pu étudier ce genre sur le vivant. L'analyse de la population (*T. bettonianus* Sjöst., et *T. rhodesiensis* Sjöst.) semble indiquer l'existence de quatre lignées d'ouvriers de taille différente, la lignée la plus grande présentant seule les trois stades caractéristiques. Nous ignorons l'origine exacte des soldats.

Chez un *Coarctotermes n. sp.*, étudié uniquement sur matériel fixé, le développement paraît très analogue à celui de *Nasutitermes*, à cela près que nous n'avons pu mettre en évidence que deux catégories de grands ouvriers, ceux du 2e stade étant en petit nombre. Il semble qu'on assiste au début d'une simplification qui s'accentue dans d'autres genres. En effet, chez *Mimeutermes giffardii* Silv., les larves du 2e stade sont toutes semblables. Les ouvriers qui en proviennent muent seulement pour donner des soldats-blancs. Le schéma du développement est donc considérablement simplifié.

œuf → larve I → larve II → ouvrier ↗ soldat-blanc → soldat.

Les faits nous paraissent identiques chez *Eutermellus bipartitus* Sjöst; nous n'y avons trouvé qu'une seule catégorie d'ouvriers, mais n'ayant pas fait d'élevages nous ne pouvons affirmer avec certitude qu'ils sont à l'origine des soldats.

Le terme extrême de cette simplification du développement est atteint dans le genre *Anoplotermes* où soldats et soldats-blancs ont eux-mêmes disparu. Les ouvriers ne sont plus susceptibles de muer. Il reste seulement pour les neutres :

œuf → larve I → larve II → ouvrier.

Fait digne de remarque, ce développement abrégé se rencontre chez les genres qui ont perdu le régime xylophage et sont devenus humivores (*Mimeutermes, Eutermellus, Anoplotermes*); nous retrouverons ce parallélisme dans la sous-famille des *Mirotermitinæ*.

BIOLOGIE. — *Diapause larvaire et macroptérisme chez* Gryllus campestris (*Ins. Orth.*). Note de M. **Robert Sellier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que le Grillon champêtre (*G. campestris* L.) passe par 10 stades (ou âges) larvaires, avant de parvenir au stade imaginal. Au début du 9ᵉ stade, s'effectue le retournement, vers la face dorsale, des ptérothèques, jusque-là latérales. Ce même stade présente une durée beaucoup plus longue (plusieurs mois dans la nature et 35 à 50 jours en élevage à 30°) que les stades précédents et que le stade suivant (1). La prolongation de ce stade larvaire s'accompagne d'une réduction d'activité, d'un arrêt de la croissance pondérale et de diverses particularités physiologiques qui seront précisées ultérieurement et qui nous permettent de considérer l'ensemble de ces phénomènes comme une *diapause*.

Dans une Note antérieure (2), nous avions rendu compte d'expériences préliminaires concernant la rupture de cette diapause et l'obtention corrélative de Grillons macroptères à la suite de l'implantation de ganglions cérébroïdes (3) de larves âgées (10ᵉ stade) sur des larves plus jeunes (début du 9ᵉ stade). Tous les cas n'étant pas positifs, ces expériences ont été reprises et complétées par d'autres, dans le but de préciser à quel moment du développement les implantations sont les plus actives, notamment en ce qui concerne le macroptérisme.

Deux catégories d'expériences ont été effectuées : *a. Implantation de cérébroïdes de larves âgées sur des larves plus jeunes :* 10ᵉ stade sur 9ᵉ et début du 9ᵉ sur 8ᵉ (stade précédant celui de la diapause); *b. Implantation de cérébroïdes de larves jeunes sur des larves plus âgées :* 7ᵉ et 8ᵉ stades sur début du 9ᵉ, et 6ᵉ et 7ᵉ stade sur 8ᵉ.

En ce qui concerne l'inhibition de la diapause et la durée du 9ᵉ stade, *dans tous les cas*, les implantations se sont montrées particulièrement actives, la durée du 9ᵉ stade variant alors, dans la très grande majorité des cas, de 11 à 17 jours (contre 35 à 50 jours chez les témoins) et s'abaissant même parfois à 9 jours.

Pour le macroptérisme, deux sortes de résultats sont à considérer : 1°, les implantations de cérébroïdes de larves âgées sur des larves plus jeunes se traduisent par l'obtention d'une minorité de macroptères (5 cas positifs sur 30 sujets parvenus au stade imaginal) (4); 2° Les implantations de cérébroïdes

(1) La durée des autres stades se répartit (à 30° C) approximativement comme suit : 1ᵉʳ, 2ᵉ et 3ᵉ stades : de 3 à 4 jours; 4ᵉ, 5ᵉ et 6ᵉ stades : 4 à 6 jours; 7ᵉ et 8ᵉ stades : 6 à 8 jours; 10ᵉ, 10 à 15 jours.

(2) R. Poisson et R. Sellier, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1074-1075.

(3) Nous entendons par ganglions cérébroïdes, la masse cérébrale proprement dite, à l'exclusion du ganglion frontal, des lobes optiques et du complexe rétro-cérébral.

(4) Nos expériences préliminaires (*op. c.*) portant sur un nombre très restreint de sujets, ce fait explique que les proportions de réactions positives, obtenues alors, n'ont pas la même signification que celles que nous rapportons ici.

de larves jeunes sur des larves plus âgées aboutissent au contraire à l'obtention d'une majorité d'Insectes macroptères (38 cas positifs sur 50 sujets parvenus au stade imaginal). D'une façon générale, la longueur et la largeur des ailes obtenues semblent inversement proportionnelles à la durée du 9e âge.

Les cérébroïdes les plus jeunes seraient donc les plus actifs et le moment le plus favorable pour les implantations se situe au stade précédant le 9e âge, ou au début de celui-ci.

L'ensemble des résultats obtenus permet d'envisager deux explications : la première serait l'existence de deux facteurs émanant des cérébroïdes, ou tout au moins de la région endocrine de ceux-ci, facteur différant l'un de l'autre, mais agissant simultanément dans certaines conditions : un facteur inhibiteur de la diapause [ceci en accord avec les expériences de Williams (5) sur *Platysamia cecropia*] et présent aussi bien chez les larves jeunes que chez les larves plus âgées, et un facteur de croissance de l'aile qui disparaîtrait à partir du déclenchement de la diapause, jusqu'à la fin de la vie larvaire. Ceci expliquerait pour quelle raison des cérébroïdes pris à des larves du 10e et du 9e stade et respectivement implantés sur des larves du 9e et du 8e stade sont très peu actifs quant à la production du macroptérisme, tandis que les cérébroïdes provenant de larves du 6e et du 7e stade ou du 8e stade et respectivement implantés sur des larves du 8e et 9e stade se montrent particulièrement actifs.

La seconde hypothèse serait que les processus physiologiques en rapport avec la diapause et ceux liés au développement des ailes seraient contrôlés par une même sécrétion endocrine *mais à des seuils différents*. L'activité endocrine de cérébroïdes âgés, devenue moins intense, ne suffirait plus à activer le développement alaire, alors qu'elle permet encore la suppression de la diapause. Des expériences en cours nous permettront d'en décider.

Le fait que l'arrêt de croissance de l'aile est corrélatif de l'existence de la diapause se trouve confirmé, d'une part, par l'apparition spontanée et d'ailleurs rare d'adultes macroptères dans les élevages et d'autre part, par l'apparition moins rare d'individus néoténiques, déjà morphologiquement décrits par G. Cousin (6). Ces derniers qui possèdent des ailes et des élytres normalement constituées mais de taille réduite par suite, ainsi que nous l'avons constaté, de l'*omission constante du dernier stade larvaire* et par conséquent du passage plus précoce à l'état imaginal, peuvent être également considérés comme macroptères, en ce sens que leurs ailes dépassent toujours plus ou moins leurs élytres. Or, les uns et les autres n'apparaissent que *parmi les sujets n'ayant exceptionnellement pas subi de diapause*. Il semble donc que le brachyptérisme chez le Grillon champêtre résulte normalement d'un arrêt prolongé du développement au 9e stade larvaire, au cours duquel les ébauches alaires perdraient une partie de leur pouvoir de croissance. Des expériences de transplantation d'ébauches alaires, que nous effectuons actuellement, nous permettront d'apporter prochainement des précisions à ce sujet.

---

(5) *Biol. Bull.*, 90, 1946, p. 234-243 et 93, 1947, p. 89-93.

(6) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 42, 1938, p. 79-118.

GÉNÉTIQUE. — *Étude de la vitalité relative du génotype sauvage* Oregon *et du génotype comportant le gène* Stubble *chez* Drosophila melanogaster. Note (*) de Mlle **Béatrice Helman**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On connaît la rareté des mutations dominantes par rapport aux mutations récessives détectées dans les populations sauvages de *Drosophila melanogaster*. La plupart de ces mutations à caractère phénotypique dominant sont liées à un gène létal récessif et doivent par conséquent être rapidement éliminées.

Cependant, j'ai exposé dans une Note précédente ([1]) le résultat d'expérience réalisant l'implantation et la progression du gène de phénotype dominant *Stubble* (Sb), accompagné d'un létal récessif, dans une population sauvage de *Drosophila melanogaster*.

Le niveau d'équilibre qui s'établit entre le génotype Sb/+ et le génotype +/+ permet de déduire la vitalité différentielle des deux génotypes. De la relation $q_0 = (\sigma_2 - \sigma_1)/(2\sigma_2 - \sigma_1)$, q_0 étant la fréquence du gène létal au palier d'équilibre, σ_2 le coefficient de sélection de l'hétérozygote, σ_1 celui de l'homozygote, on obtient une valeur de σ_2/σ_1, coefficient de sélection du génotype porteur de Sb par rapport au génotype porteur de l'allèle sauvage de Sb.

Utilisant l'allèle + de Sb d'une souche sauvage de Provence, σ_2/σ_1 a été ainsi trouvé d'une valeur de 1,06.

Puisque les deux génotypes Sb/+ et +/+ ont manifesté une valeur sélective différente, on doit s'attendre à obtenir dans un croisement un nombre d'hétérozygotes différent du nombre théorique calculé, si les deux génotypes étaient également viables.

Reprenant pour aborder ce problème la méthode expérimentale utilisée par G. Teissier ([2]) dans l'étude des gènes *Curly* et *Dichæte*, j'ai pratiqué des croisements de mâles et femelles en nombre égal, allant de 100 à 300, en maintenant les larves issues de ces croisements dans deux conditions différentes : d'une part en concurrence forte pour l'aliment, sur un godet de 40^{cm^3} de milieu de Pearl ensemencé de levure fraîche, d'autre part en concurrence pratiquement nulle en plaçant le godet de 40^{cm^3} sur lequel des œufs ont été déposés dans un cristallisoir contenant une grande quantité de milieu (150^{cm^3}) à base de levure cuite; on mettra ainsi essentiellement en évidence la mortalité embryonnaire ou la fécondité différentielle.

Toutes les Mouches utilisées dans ces croisements proviennent de populations constituées de génotypes Sb/+ et +/+, l'allèle + de Sb étant celui d'une

(*) Séance du 13 juin 1949.

([1]) *C. R. Soc. Biol. Fr.*, 141, 1947, p. 242-244.

([2]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 241-244.

souche +/+ différente de celle utilisée dans les expériences précédentes (souche Oregon R. C.) et maintenues à 26°.

Le tableau suivant résume les principaux résultats obtenus :

Croisement.	Concurrence faible. Sb/+.	+/+.	$\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$.	Concurrence forte. Sb/+.	+/+.	$\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$.
♀ +/+ × ♂ Sb/+.......	577	529	1,09	1605	597	2,6
♀ Sb/+ × ♂ +/+.......	682	616	1,1	1619	658	2,6
♀ Sb/+ × ♂ Sb/+.......	816	377	1,08	141	46	3,06

La valeur du coefficient de sélection différentielle des deux génotypes est donnée ici par le rapport du nombre des hétérozygotes observés à celui que l'on devrait normalement attendre d'après le nombre des individus éclos d'aspect sauvage. On constate que les résultats obtenus ne dépendent pas du sens du croisement, le fait que la ♀ soit Sb/+ ou +/+ n'apportant aucune modification de ce coefficient. La nature du croisement ne semble avoir aucune influence, la valeur de σ_2/σ_1 étant sensiblement la même qu'il s'agisse d'un croisement de Sb/+ entre eux ou de Sb/+ et +/+. Les conditions variables d'élevage des larves mettent en évidence la plus grande aptitude des Sb/+ à lutter dans la compétition pour l'aliment : en concurrence forte le coefficient de sélection différentielle des Sb/+ est de 2,5 à 3,06, traduisant un avantage marqué sur les larves +/+. En concurrence faible, les Sb/+ ont encore une légère mais constante supériorité sur les +/+, le coefficient varie entre 1,08 et 1,10, traduisant une plus grande fécondité et une mortalité embryonnaire moindre des Sb/+ par rapport aux +/+.

Ces résultats sont en accord avec ceux de Wiedemann (3) qui sélectionnant à chaque génération les 50 premières imagos écloses d'un croisement initial Sb/+ × Sb/+ et maintenant les cultures en concurrence forte pour l'aliment, retrouve à la 15e génération 33 % de mouches Sb/+ au lieu du pourcentage calculé de 10,18.

Les individus porteurs du gène Sb sont donc aptes à se maintenir dans une population sauvage si la concurrence larvaire est faible, et à s'y maintenir à un taux d'autant plus élevé que la concurrence larvaire est plus forte. La sévérité de la concurrence apparaît ainsi comme un facteur important dans l'évolution de ces populations de Drosophiles. Or, jusqu'ici aucune population naturelle n'a révélé à l'examen un certain pourcentage de gène Sb dont les porteurs sont cependant si favorisés dans la lutte pour la vie. Des facteurs autres que la concurrence pour l'aliment commanderaient dans la nature l'évolution de cette mutation favorable à cet égard.

---

(3) *Genetica*, 18, 1935, p. 277-90.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'utilisation du* Penicillium glaucum *pour le dosage biologique du cuivre.* Note (*) de MM. **Jean Keilling, André Camus, Pierre Foulet** et Mme **Jacqueline Burdin-Steeg**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours d'une étude sur le rôle du cuivre dans la croissance des végétaux, nous avons envisagé l'application de la méthode de microdosage biologique de cet élément au moyen de l'*Aspergillus niger*. La coloration des conidies de cet organisme est en rapport avec la teneur en cuivre des milieux de culture. Reprenant, notamment après Javillier (1), l'étude de cette propriété, Mulder (2) a proposé l'emploi de l'*Aspergillus* pour ce microdosage, dont il a précisé la technique. Le passage progressif du blanc, en l'absence de cuivre, au noir pour 6$^{\gamma}$ de ce métal dans 100$^{cm^3}$, permet l'établissement d'une échelle de référence.

Nous avons utilisé pour le même objet une souche de *P. glaucum* qui présente des caractéristiques analogues, la coloration passant du blanc, en l'absence de cuivre, au vert en présence de traces du métal.

Le milieu synthétique est privé de cuivre par traitements successifs à l'hydrogène sulfuré et au charbon actif; les sels de fer, de manganèse et de zinc sont ajoutés après ce traitement et les traces de cuivre qu'ils peuvent renfermer n'interviennent pas en raison de leur faible teneur et de leur extrême dilution. Tout le matériel de culture est lavé au mélange sulfochromique bouillant, puis rincé à l'eau distillée exempte de cuivre. La culture se fait à 20° C.

a. Coloration des cultures de P. glaucum *en fonction de la richesse en cuivre du milieu* — Des doses croissantes de cuivre sont ajoutées aux fioles d'Erlenmeyer au moment de l'ensemencement, au moyen d'une solution de sulfate de cuivre stérile et de titre connu. L'ensemencement est effectué à l'aide d'une suspension de conidies dans l'eau bidistillée stérile ou par prélèvement à l'aide d'une pipette Pasteur. Le flambage des pipettes est effectué à l'aide d'un bec de gaz entièrement en verre.

Cuivre dans 40 cm³ du milieu.	Par litre.	Coloration.
0$^{\gamma}$	0$^{\gamma}$	Blanche
0,2	5	très rares points verts
0,4	10	très légères taches de vert
0,5	12,5	légères taches de vert
0,6	15	vert dominant
0,8	20	vert de plus en plus dominant
1	25	vert franc
2	50	»

(*) Séance du 20 juin 1949.

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1, 1914, p. 55; *Bull. Sc. Pharm.*, 21, 1914, p. 452; *Ann. des Fermentations*, 5, 1939, p. 371.

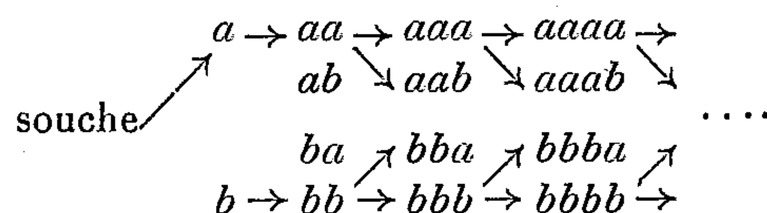
(2) *Ann. Ferm.*, 4, 1938, p. 513.

Les colorations de la moisissure croissent avec la dose de cuivre. Les résultats, toujours fidèles, s'expriment comme l'indique le tableau de la page précédente.

Le seuil de coloration est donc très net entre 0,2 et 1^{γ}.

b. Possibilités de remplacement du cuivre par d'autres éléments. — Nous avons ajouté à 40^{cm^3} du milieu 2^{γ}, 10^{γ}, 20^{γ} de chacun des métaux suivants : mercure, étain, strontium, bismuth, cobalt, nickel, aluminium, argent, chrome, plomb, molybdène. Les cultures ont présenté un développement généralement normal, mais sont restées parfaitement blanches; seul le témoin renfermant du cuivre présentait une couleur verte très blanche. Dans les limites de concentration essayées, le cuivre n'est donc remplaçable, pour la pigmentation des conidies, par aucun des éléments éprouvés.

c. Phénomènes d'accoutumance à l'absence de cuivre. — Le Penicillium s'accoutume-t-il à l'absence de cuivre après plusieurs générations? Repiqué sur milieu renfermant du cuivre, garde-t-il sa couleur blanche? L'essai a été mené de la façon suivante : une suspension de conidies est ensemencée dans deux fioles *a* et *b*, contenant respectivement, pour 40^{cm^3} de milieu, 0 et 10^{γ} de cuivre. Après développement normal de la culture, elle est repiquée pour une culture de deuxième génération, *aa* sans cuivre et *bb* avec cuivre, suivant le schéma :



Après 10 générations entretenues par repiquages effectués de 8 en 8 jours la croissance est toujours normale : les cultures *a*, *aa*, *aaa*, etc., *ba*, *bba*, *bbba*, etc., se maintiennent blanches, les cultures *b*, *bb*, *bbb*, *ab*, *aab*, *aaab*, etc. sont vertes. Il n'y a pas encore à ce stade de phénomène d'accoutumance.

d. Pour le dosage du cuivre, deux méthodes peuvent être envisagées :

1° Le produit à analyser, incinéré ou non, est stérilisé, puis ajouté en quantités croissantes à des fioles renfermant 40^{cm^3} du milieu nutritif privé de cuivre et ensemencé avec le Penicillium. La quantité minimum, qui assure une coloration verte de la moisissure, contient 1^{γ} de cuivre. Cette méthode permet un dosage assez précis à partir d'un corps de richesse indéterminée.

2° Si l'on connaît l'ordre de grandeur de la richesse en cuivre du produit, on en pèse une quantité qui renferme entre 0,4 et 1^{γ} de cuivre. Ce poids de matière est stérilisé, puis introduit dans 40^{cm^3} du milieu sans cuivre, et l'on compare la coloration obtenue avec les colorations de l'échelle; on obtient ainsi la dose exacte à 0,1 ou 0^{γ},2 près.

La lecture doit se faire après une croissance d'au moins 4 jours. Passé 8 jours, les parties blanches qui apparaissent sur le mycélium jaunissent,

et le contraste entre les parties non colorées et les parties vertes devient moins net.

Voici les résultats de dosages effectués sur une terre, comparativement par une méthode chimique (Laget), la méthode à l'Aspergillus et la méthode décrite : Laget, 14γ p.g.; Aspergillus, 12γ; Penicillium, 15γ.

Outre les avantages généraux des méthodes biologiques, l'emploi du *P. glaucum*, au lieu d'*Aspergillus niger*, présente l'avantage d'une plus grande facilité d'appréciation dans l'échelle des dosages par la coloration des conidies.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Procédé de titration biologique de l'hormone du thymus.* Note (*) de M. **J. Comsa**, présentée par M. Robert Courrier.

La sécrétion interne du thymus, parfois mise en doute, a été démontrée par la survie et le maintien de la croissance chez le Cobaye thymiprive traité à l'extrait de thymus ([1]). Ont été étudiés par ce procédé : 1° Un extrait préparé selon Asher et Bachmann ([2]) et rectifié par dialyse; 2° un extrait préparé d'après une méthode inédite de Bezssonoff, par extraction acide, fractionnement au sulfate d'ammonium, dialyse et précipitation isoélectrique (dose utile 12-15 pour 100g et 48 heures). Pour évaluer l'activité de ces préparations, nous utilisons leur activité antithyroïdienne ([3]), démontrée par l'annulation de deux effets connus de la thyroxine : 1° l'abaissement de la cholestérinémie et 2° l'élévation de la créatinurie.

Pour obtenir des résultats constants, il faut se servir de cobayes thymithyréoprives castrés ([4]).

I. *Épreuve de la cholestérinémie.* — Cobayes mâles, thymithyréoprives castrés, injection de 5γ de thyroxine en même temps que de quantités variables d'extrait de thymus. Prise de sang 24 heures plus tard. On considère que l'effet de la thyroxine est annulé lorsque le taux moyen de la cholestérinémie chez 4 animaux ayant reçu la thyroxine et l'extrait de thymus dans le même rapport est voisin du taux normal chez le castrat thymithyréoprive soit $1,3 \pm 0^{mg},16$ par centimètre cube de sérum.

Exemple. Extrait (selon Bezssonoff) BC 14.

Extrait (γ/100g)	0	30	40	80	160	200
Cholestérinémie (moyenne de 4 animaux par dose)	0,47	1,24	1,46	1,60	1,86	2,08

(*) Séance du 8 juin 1949.

([1]) Comsa, *C. R. S. B.*, 133, 1940, p. 56.

([2]) *Bioch. Zeits.*, 268, 1933, p. 272.

([3]) Krizenecky, *Roux Arch.*, 107, 1926, p. 583; Asher et Nyffenburger, *Bioch. Zeits.*, 223, 1930, p. 100; Gebele, *D. Zeits. Chir.*, 212, 1929, p. 186; Comsa, Thèse de doctorat ès sciences, Strasbourg (Clermont), 1941.

([4]) Comsa, *Bull. Soc. chim. biol.*, 1949 (sous presse).

La dose suffisante d'extrait est donc proche de 30^{γ} par 100^{g}. Cette épreuve indique la dose utile d'extrait à ± 20 % près. La montée de la cholestérinémie en fonction de la dose d'extrait est trop faible pour permettre de la préciser davantage.

II. *Épreuve de la créatinurie.* — Cobayes mâles, thymithyréoprives castrés, injection simultanée de 5^{γ} de thyroxine et de doses variables d'extrait. Récolte quantitative des urines entre 24 et 48 heures après l'injection. L'effet de la thyroxine sur la créatinurie est considéré comme annulé lorsque le taux moyen de la créatinurie chez quatre animaux ayant reçu l'extrait de thymus et la thyroxine dans le même rapport reste voisin du taux normal, soit $0,84 \pm 0^{mg},07$ par 100^{g} et 24 heures ([5]).

Exemple B. C. 14 :

Extrait (γ/100)	0.	20.	23.	25.	26.	27.	29.
Créatine (mg/100g/24 h), moyenne de 4 animaux par dose	2,41 ±0,48	1,63 ±0,49	1,52 ±0,38	1,06 ±0,18	0,94 ±0,20	0,6 ±0,05	0,98 ±0,27

La dose de 27^{γ} d'extrait par 100^{g} a donc annulé l'effet de 5^{γ} de thyroxine, car la créatinurie moyenne correspondante est la plus basse et la dispersion est de loin la plus faible.

La précision de cette épreuve ressort de la détermination de la dose suffisante d'extrait pour des doses variables de thyroxine.

Thyroxine (γ/100g)	5	10	20	24	25	26	27
Dose utile d'extrait (γ/100g)	37	54	108	130	156	220	600

Entre 5 et 24^{γ} de thyroxine la dose utile d'extrait est une fonction linéaire de la dose de thyroxine. A partir de 25^{γ} l'efficacité de l'extrait baisse brusquement. (La dose de 25^{γ} est proche de celles qui déterminent un état thyréotoxique grave) ([6]).

Il est donc possible de repérer avec précision la dose utile d'extrait pour telle dose de thyroxine (créatinurie basse). Cependant, donné en excès, l'extrait de thymus détermine lui-même une créatinurie accrue ([7]). Il est donc impossible de dire le cas échéant, si c'est la thyroxine ou l'extrait qui a été injecté en excès (créatinurie élevée dans les deux cas). Il est nécessaire : 1° d'évaluer la dose utile d'extrait par l'épreuve de la cholestérinémie (à ± 20 % près) et 2° de la préciser (à ± 4 % près) par l'épreuve de la créatinurie.

Dose utile pour annuler 5 γ *de thyroxine* (γ).

Extrait N°.	Cholestérinémie.	Créatinurie.
BC 9	proche de 35	33
BC 10	» 25	26
BC 13	» 20	18
BC 14	» 30	27

([5]) COMSA, *Revue Cand. Biol.*, 7, 1948, p. 616.
([6]) COMSA, CRAS, 224, 1947, p. 1185.
([7]) OEHME, *Kl. Woch.*, 1936, p. 158.

Dans 18 autres déterminations ce résultat a été retrouvé. Ces résultats permettent de définir l'unité-cobaye de l'hormone du thymus comme la quantité qui annule l'effet de 1^{γ} de thyroxine par 100^{g} de cobaye thymithyréoprive castré.

PHARMACODYNAMIE. — *Pouvoir antimicrobien et présence de plumbagol chez deux* Diospyros *africains* (D. xanthochlamys *Gürke et* D. mespiliformis *Hochst*). Note de M. **René Paris** et Mme **Hélène Moyse-Mignon**, présentée par M. René Souèges.

Au cours de la recherche du pouvoir antimicrobien de diverses plantes de la Côte d'Ivoire utilisées en thérapeutique indigène et provenant de la Mission Kerharo-Bouquet, organisée par l'Office de la Recherche scientifique coloniale, nous avons constaté que deux d'entre elles dénommées Wanié (en guéré) et Blaguigoli (en baoulé), identifiées respectivement à *Diospyros xanthochlamys* et à *Diospyros mespiliformis* inhibaient la croissance du staphylocoque. La technique adoptée est celle des cylindres de Heatley, ne nécessitant ni stérilisation préalable, ni filtration sur bougie, pouvant détruire ou absorber la substance antibiotique. L'infusé à 10 % d'écorces de tiges de *Diospyros xanthochlamys* a un pouvoir antimicrobien comparable à 1 U. I. de pénicilline, celui de *D. mespiliformis* est environ dix fois moins actif; par la méthode des dilutions, il a été constaté, après filtration de l'infusé sur verre Iéna G. 5, que l'écorce de *D. xanthochlamys* agissait également sur le Streptocoque et le Bacille diphtérique (à des dilutions de 1 à 2 ‰).

Divers fractionnements ont montré que le principe antimicrobien peu soluble dans l'eau (qu'il colore cependant en jaune) était soluble dans l'éther de pétrole, l'éther, l'alcool et surtout dans le chloroforme. Il se colore en violet au contact de l'ammoniaque et en rouge foncé par la soude diluée, il précipite en jaune par addition d'acide. Il est volatil et entraînable par la vapeur d'eau. Avec l'acétate de cuivre on obtient une teinte rouge groseille, avec l'acétate de nickel une coloration rouge (Brissemoret et Combes), le réactif de Mandelin donne une coloration verte. Après purification par sublimation ou cristallisation dans l'éther de pétrole ou l'alcool à 60° C ont été obtenues de longues aiguilles jaune orangé de F 74-75°; il s'agit de la plumbagine (plumbagol) ou 5-hydroxy 2-méthyl 1.4-naphtoquinone, déjà signalée chez le *Plumbago europæa*, chez divers *Drosera* et plus récemment chez le *Diospyros maritima*, voisine de la juglone du *Juglans regia* et isomère du phtiocol du Bacille de Koch. Cette naphtoquinone est douée de propriétés physiologiques intéressantes : c'est un bactériostatique puissant inhibant la croissance du Staphylocoque à la dilution 1 pour 500000 (De Saint Rat, Olivier et Chouteau), du Streptocoque, du Pneumocoque et même celle du Bacille

tuberculeux (Lloyd et Middlebrook); très proche chimiquement de la vitamine K, elle possède des propriétés coagulantes.

Nous avons dosé cette quinone : soit en traitant la drogue en milieu acide par l'éther-chloroforme, épuisement de ce solvant par la soude à 2 %, acidification de la solution alcaline par l'acide chlorhydrique en présence d'éther, les solutions éthérées déshydratées sont évaporées avec précaution; soit par entraînement à la vapeur d'eau, le distillat acidifié et saturé de chlorure de sodium est mis en présence d'éther de pétrole qui est évaporé dans un cristallisoir taré; ce second procédé donne un rendement plus faible mais un produit plus pur. Voici quelques résultats obtenus avec la première méthode :

Diospyros xanthochlamys, écorces de tronc 2,25 % ; feuilles 0,12 %.
Diospyros mespiliformis, écorces de tronc 0,90 % ; feuilles, traces.

(dans les mêmes conditions les racines de *Plumbago zeylanica* provenant également d'A. O. F. indiquaient une teneur de 1,26 %).

En dehors de la plumbagine, ont pu être caractérisés au point de vue chimique un tanin, une saponine et une substance à fluorescence bleue en milieu alcalin, soluble dans les solvants organiques, cristallisant dans l'eau, l'acétone (F 204-205°) vraisemblablement identique au scopolétol (esculétol 6-méthyl éther), substance très répandue dans le règne végétal (*Scopolia*, *Gelsemium*, *Ipomœa*, etc.).

Quelques essais physiologiques ont été effectués avec le *D. xanthochlamys* : l'infusé d'écorces à 1 pour 200 tue les Paramécies en 10 minutes et les Daphnies en 15 minutes. Il produit chez le Poisson (*Ides melanotes*) de violents phénomènes d'excitation puis de la paralysie. Chez la Souris, la dose maxima tolérée par voie sous-cutanée est voisine de 5 g/kg et la dose mortelle d'environ 10 g/kg. Chez le Chien par voie intra-veineuse et à la dose de 0,20 g/kg, le *D. xanthochlamys* provoque de l'hypertension et de l'hyperpnée. Avec les feuilles les mêmes effets sont retrouvés mais très atténués. Le *Diospyros mespiliformis* possède une action physiologique analogue; cependant, bien que moins riche en plumbagine, il est plus toxique pour les Paramécies et pour la Souris (dose tolérée 2,50 g/kg.

Ces deux *Diospyros* sont assez communs en A. O. F. (surtout le *D. mespiliformis*), voisins du *Diospyros Kaki* à fruit comestible, dont le bois noircit peu à peu (bois d'ébène), ce qui est dû à l'oxydation de la quinone. Ils sont utilisés en Afrique comme antidysentériques, vermifuges (par voie buccale) et comme vésicants, antilépreux (usage externe) et doivent leurs propriétés thérapeutiques en grande partie à la plumbagine. Le *Diospyros xanthochlamys*, riche en plumbagine, mériterait d'être essayé en thérapeutique européenne au même titre que le Droséra.

MICROBIOLOGIE. — *Étude d'une technique de sporulation.* Note de M. **Henry Deshayes** et Mlle **Marcelle Peyré**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note nous avons signalé l'action favorable d'un gel de silice dans la sélection des souches de Pénicillium. Nous avons alors cherché un support de même nature pour faire les multiplications de spores, et nous nous sommes arrêtés aux billes de terre cuite. Nous avons essayé différents milieux d'imprégnations : les milieux de sporulations usuels ne nous ont pas donné de bons résultats. C'est finalement le milieu de production de Moyer et Cogghil dilué au tiers et additionné d'une quantité convenable de sulfate ferreux qui a été retenu.

Dans ces conditions, l'appareil mycélien est réduit au minimum et les billes sont uniformément couvertes d'un mince tapis entièrement sporulé.

Le nombre de spores obtenu comparé à celui fourni avec d'autres procédés s'établit ainsi, les ensemencements étant faits avec la même émulsion :

Récipient.	Milieu de sporulation.	Émulsion dans	Nombre de spores au cm^3. Souche I-4.	Souche Q-176.
Erlenmeyer de 1000^{cm^3}.	150^{cm^3} gélosé à 0,75 ‰	le milieu restant après culture 100^{cm^3}	50.10^6	60.10^6
Boîtes de Roux.......	150^{cm^3} gélosé à 0,20 ‰	100^{cm^3} d'eau gélosée à 0,75 ‰	25.10^6	200.10^6
Erlenmeyer de 300^{cm^3}.	150^{cm^3} de billes imprégnées	100^{cm^3} d'eau gélosée à 0,75 ‰	200.10^6	100.10^6

Pour la souche I-4 du laboratoire, dont la sélection par passages sur silicogel et les caractères seront décrits dans une prochaine Note, l'ensemencement est fait à partir de billes; la Q-176 ici utilisée n'a pas été passée sur silicogel et l'ensemencement est fait à partir d'une gélose.

Le passage de sporulation dans ces conditions n'altère pas la souche comme le montre le tableau suivant :

Passages successifs de sporulation.	Silicogel.	Billes 1.	Billes 2.	Billes 3.
Titre en production.........	630	800	900	800

Les billes donnent une population plus homogène; voici une de nos expériences : A partir d'une souche qui titrait 200 à 300 unités oxford au 7e jour, nous avons ensemencé des billes et des bouteilles renfermant 150^{cm^3} du milieu sporulation de Moyer et Cogghil gélosé à 0,75 %. A partir de chaque sporulation, nous avons ensemencé 24 bouteilles de production et titré le taux en pénicilline de ces 24 bouteilles au 7e jour. Ces titres se répartissent comme suit :

Titre au 7ᵉ jour.	80-100.	100-150.	150-200.	200-300.	300-400.
Sporulation bille	0	1	4	17	2
« liquide	2	4	5	12	1

En résumé, nous avons réalisé une technique de sporulation qui permet d'obtenir avec notre souche 1-4 de 4 à 8 fois plus de spores que par les techniques habituelles, mais qui se montre inférieure à la sporulation sur milieu gelosé à 20 %, si la souche n'a pas été au préalable passée sur gels de silice. Cette technique, non seulement ne diminue pas la valeur de la souche, mais diminue le pléomorphisme et fournit une population plus homogène que les milieux liquides ou gélosés usuels destinés à la sporulation.

Nous avons expérimenté cette technique avec d'autres microorganismes que le Pénicillium, et avons obtenu des résultats analogues. Il s'agit donc là d'une étude d'intérêt général, applicable aux problèmes de reproduction des bactéries et des champignons.

MICROBIOLOGIE — *Les pénicillines retard à long terme et la notion d'accumulation.* Note (*) de M. **P. Destouches**, Mme **D. Decaris**, MM. **H. Velu** et **N. Karatchentzeff**, présentée par M. Gaston Ramon.

En dépit d'essais cliniques innombrables, la pénicilline, du fait du perfectionnement continuel des formes pharmaceutiques, pose sans cesse de nouveaux problèmes comme celui de la thérapeutique discontinue par sels solubles avec pointes initiales très élevées de pénicillinémie, ou continue par sels insolubles avec concentration sanguine en plateau.

C'est un de ces derniers sels, le benzylpénicillinate de 5-vinyl quinuclidyl-1.2.6-méthoxy-quinolyl-4-carbinol, en excipient huileux dont C. Levaditi, H. Penau et leurs collaborateurs (1) ont démontré récemment l'action en clinique sur le gonocoque et le tréponème dont nous avons suivi les modalités de résorption et d'élimination par l'organisme.

Nous avons étudié l'effet retard dû à l'insolubilité de ce sel de quinine et à l'excipient huileux chez plus de 200 malades qui ont reçu de 1 à 7 séries de 3 à 12 injections chacune. En suivant les règles que nous avons définies dans une précédente Note (2) et la méthode de titrage que nous avons précisée (3) nous avons déterminé la pénicillinémie initiale, la pénicillinémie d'accumulation et le coefficient de sécurité sur des séries de 10 malades.

(*) Séance du 20 juin 1949.

(1) C. Levaditi, H. Penau, A. Vaisman et G. Hagemann, *Presse Médicale*, 20 avril 1949, p. 356.

(2) H. Velu, N. Karatchentzeff, P. Destouches et Mme Decaris, *Bull. Acad. Méd.*, 132, 1948, p. 578.

(3) H. Velu et Mlle D. Chabanas, *Ann. Inst. Past.*, 75, 1948, p. 189.

a. Pénicillinémie initiale. — Avec des doses de 300 000 et de 500 000 U, les concentrations suivantes ont été obtenues :

	1.	4.	8.	12.	24.	36.	48.	96.
1°.......	0,25	0,31	0,24	0,16	0,10	0,06	0,05	0,033
2°.......	0,30	0,36	0,24	0,20	0,14	0,08	0,07	0,05

La dose de 300 000 U entraîne donc dès la première injection un retard moyen de 36 heures pour une concentration sanguine moyenne de 0,06 U/cm³, de 48 heures pour 0,05 et même de 96 heures pour 0,033.

Lorsque l'on porte la dose à 500 000 U, les taux sanguins ne sont pas augmentés proportionnellement.

La comparaison du pénicillinate de quinine avec un pénicillinate de procaïne en huile avec monostéarate d'aluminium a décelé un léger avantage pour le second sel en ce qui concerne la pointe initiale, et pour le premier en ce qui concerne le retard; ce qui s'explique par la différence de solubilité. Les concentrations avec 300 000 et 500 000 U de pénicillinate de procaïne ont été les suivantes, tout à fait comparables à celles de E. W. Thomas et collaborateurs ([4])

	1.	4.	8.	12.	24.	36.	48.	96.
1°.......	0,42	0,31	0,26	0,21	0,12	0,09	0,06	0,03
2°.......	0,42	0,36	0,32	0,24	0,14	0,10	0,08	0,04

b. Pénicillinémie d'accumulation. — La pénicillinémie initiale ne renseigne pas seulement sur l'importance de la pointe initiale, du plateau, du retard, elle fournit encore une notion très importante selon nous : celle de la possibilité d'une accumulation de pénicilline lorsque les injections sont renouvelées selon un rythme plus rapide que l'élimination. C'est cette pénicillinémie d'accumulation que nous avons suivie d'une façon régulière sur des malades qui ne recevaient que 3 injections de 500 000 U par semaine, suivant le rythme 48-48-72 heures; elle nous a permis de constater que la concentration se maintenait à des taux variables suivant les malades, mais restait comprise au moment de l'injection suivante entre 0,04 et 0,08 U (chiffres extrêmes : 0,03 et 0,20; les taux inférieurs à 0,03 restant exceptionnels). L'intervalle de 48 heures constitue cependant une limite qu'il vaut mieux ne pas dépasser.

La répétition des injections suivant un rythme plus rapide permet au contraire, comme l'ont montré R. Martin, B. Sureau et collab. ([5]), d'obtenir facilement, avec un nombre d'Unités relativement peu élevé et sans pointes inutiles, des pénicillinémies accusées en plateau régulier, grâce encore à l'accumulation.

([4]) E. W. Thomas, N. J. Romansky, C. R. Rein, et D. K. Kitchen, *J. A. M. A.*, 137, 1948, p. 1517.

([5]) R. Martin, B. Sureau, Y. Chabbert et Ch. Junod, *Semaine des Hôp.*, Paris, 25, 1949, p. 961.

c. Coefficient de sécurité. — Sur la base du taux thérapeutique théorique minimum de 0,03 U/cm³, dès la première injection de 300 000 U, le coefficient a été de 100 % à la 36ᵉ heure; il était encore de 90,9 à la 48ᵉ heure et de 87,7 à la 96ᵉ heure; mais, toujours du fait de l'accumulation, il s'élève à 100 % dès la seconde injection.

En résumé, les pénicillines retard à base de sels insolubles, le pénicillinate de quinine en particulier, grâce à des doses de 300 ou 500 000 U, à un rythme convenable des injections, et du fait de l'accumulation qu'elles provoquent dont il faut toujours tenir compte, permettent d'obtenir les concentrations sanguines désirées pendant le temps voulu, ce qui leur assure une supériorité marquée sur les pénicillines hydrosolubles, à condition de connaître de façon précise la longueur du retard et le coefficient de sécurité pour ce retard.

A 16ʰ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ45ᵐ.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 30 mai 1949.)

Note présentée le 16 mai 1949, de M. *Maurice Cotte,* Sur deux critériums de qualité d'un système linéaire de transmission :

Page 1694, 10ᵉ ligne, *au lieu de* correspondra, *lire* correspondront.
» » 17ᵉ ligne, *au lieu de* $u(ty)(t-\theta)$, *lire* $u(t)y(t-\theta)$.

FIN DU TOME DEUX-CENT-VINGT-HUITIÈME.

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1949.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 228.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

H

I

J

M

N

P

S

V

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

138844-51